NERG 1920 1980

tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 45 - nr. 3 - 1980

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, Leidschendam. Gironummer 94746 t.n.v.
Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

Het Genootschap stelt zich ten doel in Nederland en de Overzeese Rijksdelen de wetenschappelijke ontwikkeling en de toepassing van de elektronica en de radio in de ruimste zin te bevorderen.

Lidmaatschap
Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris. Het lidmaatschap staat -behoudens ballotage- open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt fl. 55,--.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt f 55,--. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

DE EXAMENS

De door het Genootschap ingestelde examens worden afgenomen in samenwerking met de "Vereniging tot bevordering van Elektrotechnisch Vakonderwijs in Nederland (V.E.V.)". Het betreft de examens:

a. op lager technisch niveau: "Elektronica monteur N.E.R.G.";
b. op middelbaar technisch niveau: "Middelbaar Elektronica technicus N.E.R.G.".

Voor deelname, inlichtingen omtrent exameneisen, reglement, en uitgewerkte opgaven wende men zich tot het Centraal Bureau van de V.E.V., Barneveldseweg 39, 3862 PB Nijkerk; tel. 03494 - 4844.

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(289ste werkvergadering)
SECTIE TELECOMMUNICATIETECHNIEK, KIvI
BENELUX SECTIE IEEE

1920 - 1980

UITNODIGING

voor de bijeenkomst op **dinsdag 27 mei 1980** in het **Auditorium** van de **Technische Hogeschool** te **Eindhoven.**

JUBILEUM-BIJEENKOMST ter gelegenheid van het 60-JARIG bestaan van het NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP.

Onderwerp:
GESCHIEDENIS EN TOEKOMST VAN DE ELEKTRONICA- EN RADIOWETENSCHAPPEN.

PROGRAMMA

9.30 uur:	Ontvangst en koffie.
10.00 uur:	OPENING door **PROF. DR. IR. A. A. TH. M. VAN TRIER,** Minister van Wetenschapsbeleid.
10.30 uur:	**PROF. DR. IR. J. DAVIDSE** (Techn. Hogeschool, Delft): HISTORISCHE ONTWIKKELINGEN IN DE ELEKTRONICAWETENSCHAPPEN.
11.15 uur:	Koffiepauze.
11.45 uur:	**PROF. DR. F. L. STUMPERS** (Philips, Eindhoven): HISTORISCHE ONTWIKKELINGEN IN DE RADIOWETENSCHAPPEN.
12.30 uur:	Lunch.
14.00 uur:	**PROF. C. FREEMAN** (Science Policy Research Unit, Sussex, UK): INVENTION AND INNOVATION IN THE ELECTRONICS INDUSTRY.
15.00 uur:	Theepauze.

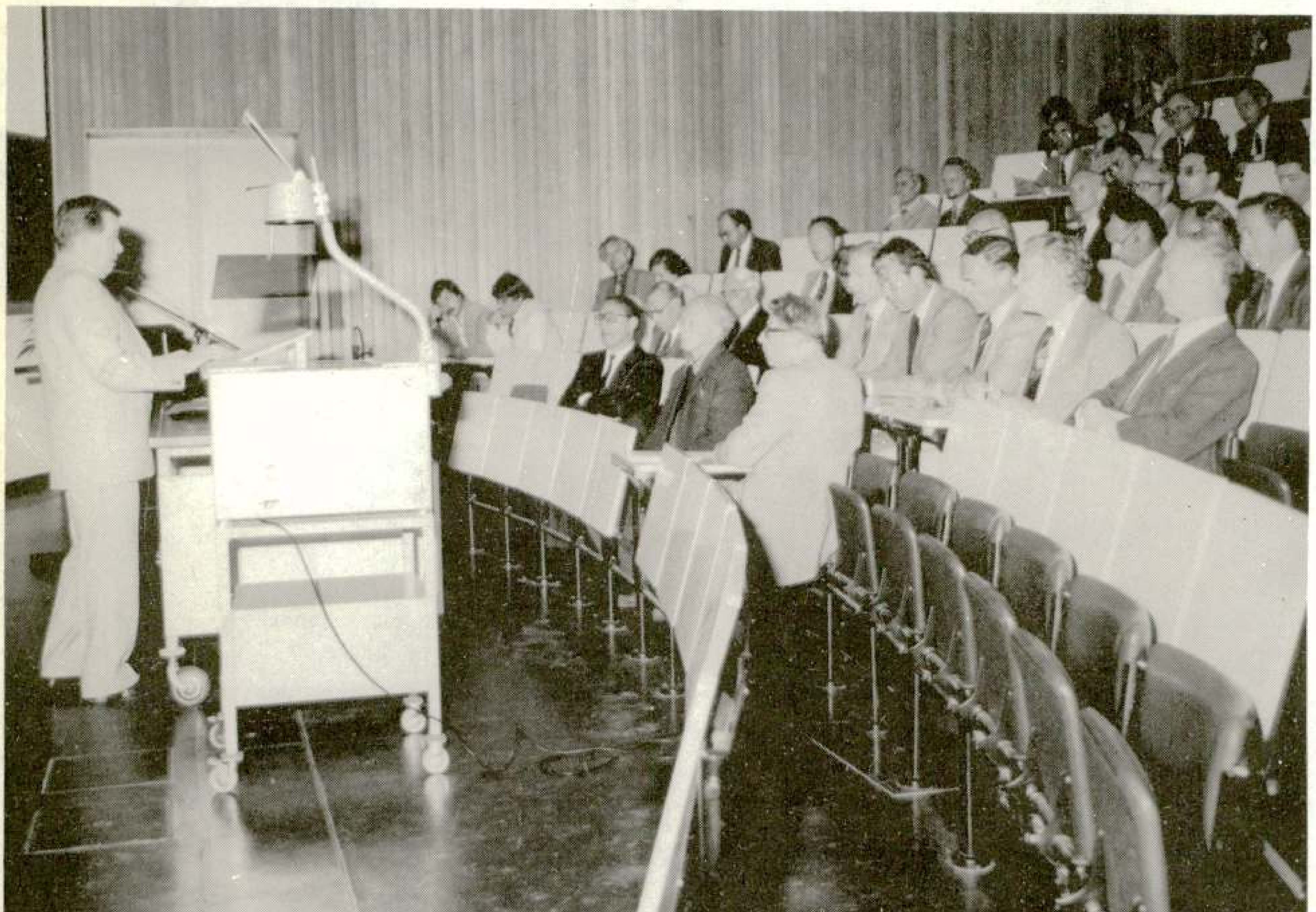


15.30 uur:	FORUM-DISCUSSIE o.l.v. **DR. IR. K. TEER** (Philips, Eindhoven).
16.15 uur:	Samenvatting en sluiting.

Parallel met ochtendgedeelte van het bovenstaande programma wordt - bij voldoende belangstelling - het volgende DAMES-PROGRAMMA georganiseerd:

10.00 uur:	Vertrek per bus vanaf het AUDITORIUM naar ASTEN.
10.30 uur:	Bezoek aan het BEIAARD-MUSEUM en/of het NATUUR-MUSEUM van de Peel.
11.30 uur:	Koffiepauze.
12.00 uur:	Terugreis naar Eindhoven.
12.30 uur:	Lunch. Deelname aan het middag-gedeelte van het bovenstaande programma.





Opening door de voorzitter Dr. M. Jeuken

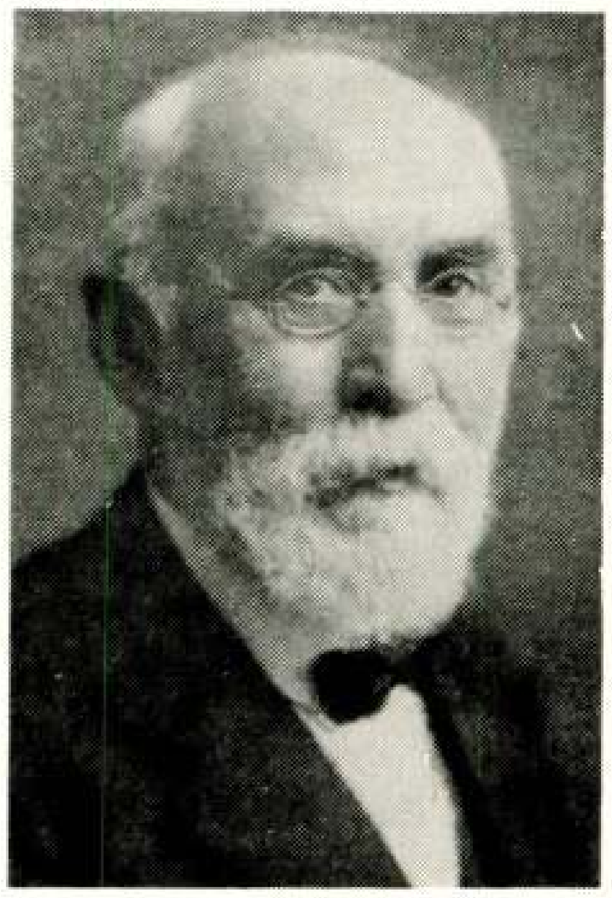
"Summa summarum kan gezegd worden dat het Genootschap bloeit en dat de vooruitzichten in alle opzichten gunstig zijn ter bereiking van het doel, dat het zich stelt, nl. het centrum in Nederland te zijn voor de studie van de elektromagnetische trillingsverschijnselen en haar toepassingen in de praktijk, in het bijzonder van de radiotelegrafie en telefonie".

Aldus besluit de secretaris van het genootschap ir. P. Nordelohne, het eerste jaarverslag van het genootschap. Men mag aannemen dat deze woorden destijds ook de instemming van de andere leden van het bestuur hebben gehad. Dit waren prof.dr.jhr.G.J.Elias, dr.B.van de Pol, A. Dubois en H. Wesselius.

Blijkens dat jaarverslag hadden in de loop van 1920 de zojuist genoemde heren het plan opgevat een vereniging van ingenieurs en physici op te richten. Deze vereniging zou zich bezig moeten houden met de wetenschappelijke beoefening van de radiotelegrafie.

Wanneer men in 1980 de woorden van de eerste secretaris leest kan men zich afvragen of het aanvankelijke optimisme van het eerste uur gerechtvaardigd is geweest. Bladerend door de oude jaargangen van het tijdschrift van het genootschap blijkt dat het genootschap inderdaad vanaf het begin van zijn bestaan een krachtige ontwikkeling heeft doorgemaakt. Men kan dan tevens vaststellen dat diverse prominente geleerden zoals bijvoorbeeld prof.dr. H.A. Lorentz en dr. E.Oosterhuis vanaf de oprichting lid zijn geweest van het genootschap. Welke prominente geleerden momenteel lid zijn van het genootschap zal zeker in het jaar 2000 bij het 80-jarig bestaan van het genootschap vastgesteld kunnen worden.

Ook nu in 1980 kan men constateren dat het genootschap een bloeiend bestaan leidt. Dit blijkt o.a. uit het groeiend aantal leden en uit het feit dat per jaar ongeveer tien werkvergaderingen worden gehouden. Dit hoge aantal komt tot stand doordat de werkvergaderingen worden georganiseerd in samenwerking met de sectie telecommunicatie van het KIvI en de Benelux sectie van het IEEE. Gedurende decennia heeft het NERG examens voor elektronica-monteur en voor middelbaar elektronica-technicus georganiseerd. Bovendien werd gezorgd voor niveau-bewaking van deze examens. De laatste jaren is een deel van deze activiteiten uitgevoerd in samenwerking met de Vereniging tot Bevordering van Elektrotechnisch Vakonderwijs (V.E.V.). Elders in dit nummer treft U een uitgebreidere beschouwing aan over de examen activiteiten van het NERG. Als nieuwe taak op het gebied van het onderwijs ziet het genootschap zijn inbreng



Dr. Hendrik Anton Lorentz
1853-1928
hoogleraar theoretische natuurkunde
Nobelprijswinnaar, talenkenner
en beminnelijk geleerde



Dr. Ekko Oosterhuis
1887-1966
Pionier van de industriële
elektronica research, eigenaar
van ontelbare octrooien
oud-redacteur van ons tijdschrift

LEDEN VAN HET EERSTE UUR

bij het post-academisch onderwijs. Dit heeft de afgelopen jaren reeds geresulteerd in enige goede cursussen.

De vitaliteit van het genootschap blijkt verder uit het feit dat reeds vanaf de oprichting een tijdschrift wordt uitgegeven. Het tijdschrift is bestemd voor binnenlands gebruik en mag zich verheugen in een grote belangstelling. Tenslotte zij vermeld dat het NERG via het "Nederlands nationaal URSI-comité" deelneemt aan de internationale activiteiten van de "Union Radio-Scientifique Internationale". Ook treedt het NERG op als sponsor van internationale congressen.

Bij het 60-jarig bestaan van het genootschap is het vakgebied, waarop het genootschap actief is nog steeds in volle ontwikkeling. Men denke met name aan de stormachtige ontwikkelingen in de telecommunicatie in brede zin en in de elektronica. Zeker de ontwikkeling van de micro-elektronica, reeds voorspeld door ons erelid prof.ir.dr. J.L. van Soest in zijn feestrede ter gelegenheid van het 40-jarig bestaan van het genootschap, heeft de aandacht getrokken van een breed publiek. Uiteraard vanwege de maatschappelijke consequenties die deze ontwikkeling van de techniek kan hebben.

Het bestuur van het genootschap heeft dan ook besloten in dit jubileumjaar door middel van een feestelijke werkvergadering de aandacht te vragen voor het verleden en de toekomst van het vakgebied. Een terugblik wordt verzorgd door prof.dr.ir.J.Davidse en prof. dr. F.L.Stumpers voor wat betreft de elektronica en de radiowetenschappen respectievelijk. De minister van wetenschapsbeleid, dr.ir. A.A.Th.M. van Trier, plaatst de huidige ontwikkelingen in een maatschappelijke context. Onder leiding van prof.G.Freeman, (Science Polacy Research Unit, Sussex, UK) richten wij onze blik op de toekomst. Tot slot is onder leiding van dr.ir. K.Teer een forumdiscussie gehouden over de besproken onderwerpen. De bijdrage van bovengenoemde sprekers vindt U in dit jubileumnummer van het tijdschrift. Bovendien heeft prof.ir. B.van Dijl een historisch overzicht van het genootschap geschreven. Ook dit overzicht bevindt zich in dit nummer.

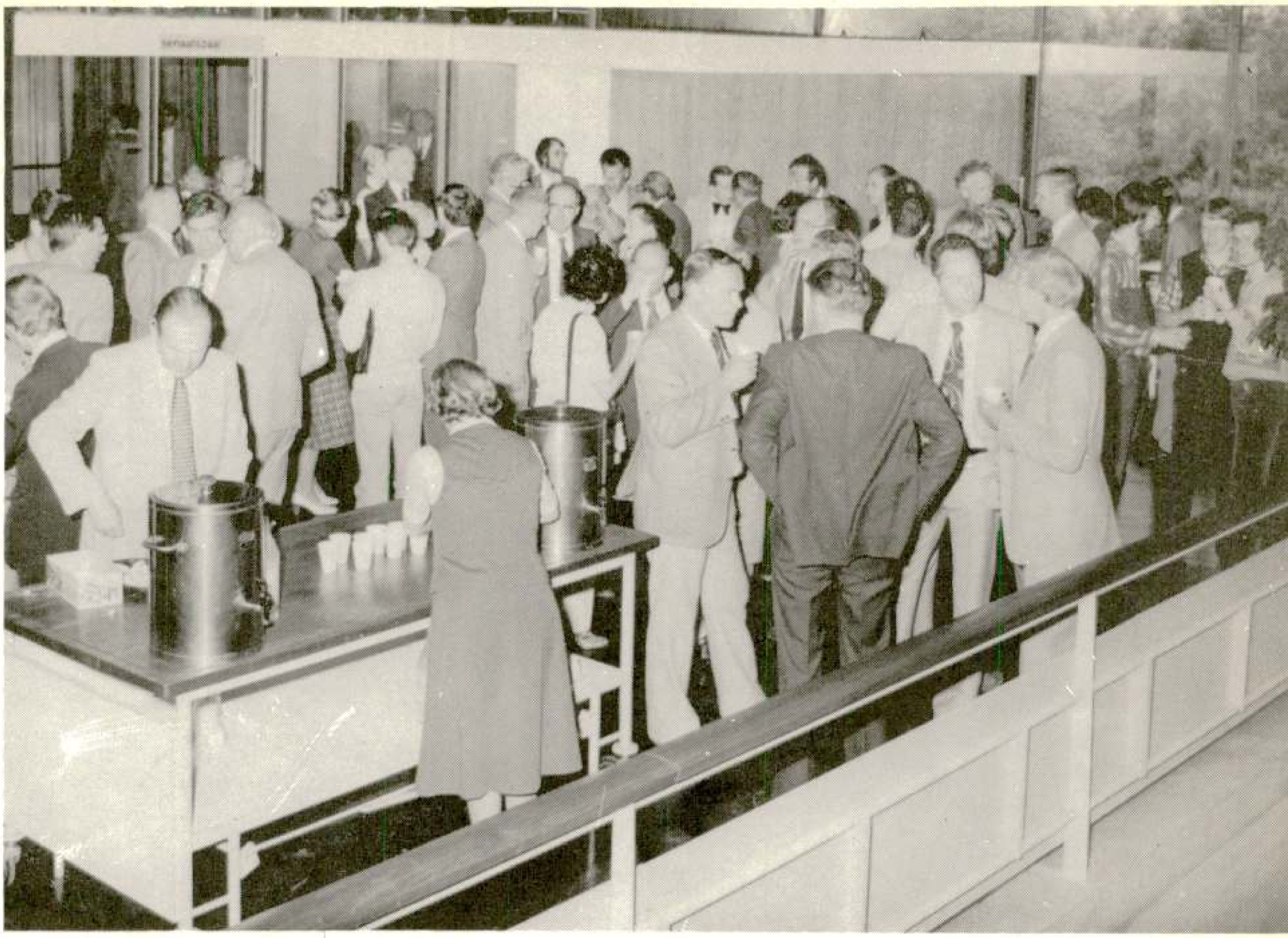
Ik besluit met de wens uit te spreken dat het verslag van de secretaris van het genootschap over het jaar 2000 als volgt zal eindigen:

"Samenvattend kan gesteld worden dat het genootschap bloeit en dat de vooruitzichten gunstig zijn voor het bereiken van de doelstellingen van het genootschap, te weten de bevordering van het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en -verwerking en het stimuleren van de verbreiding en toepassing van de verworven kennis".

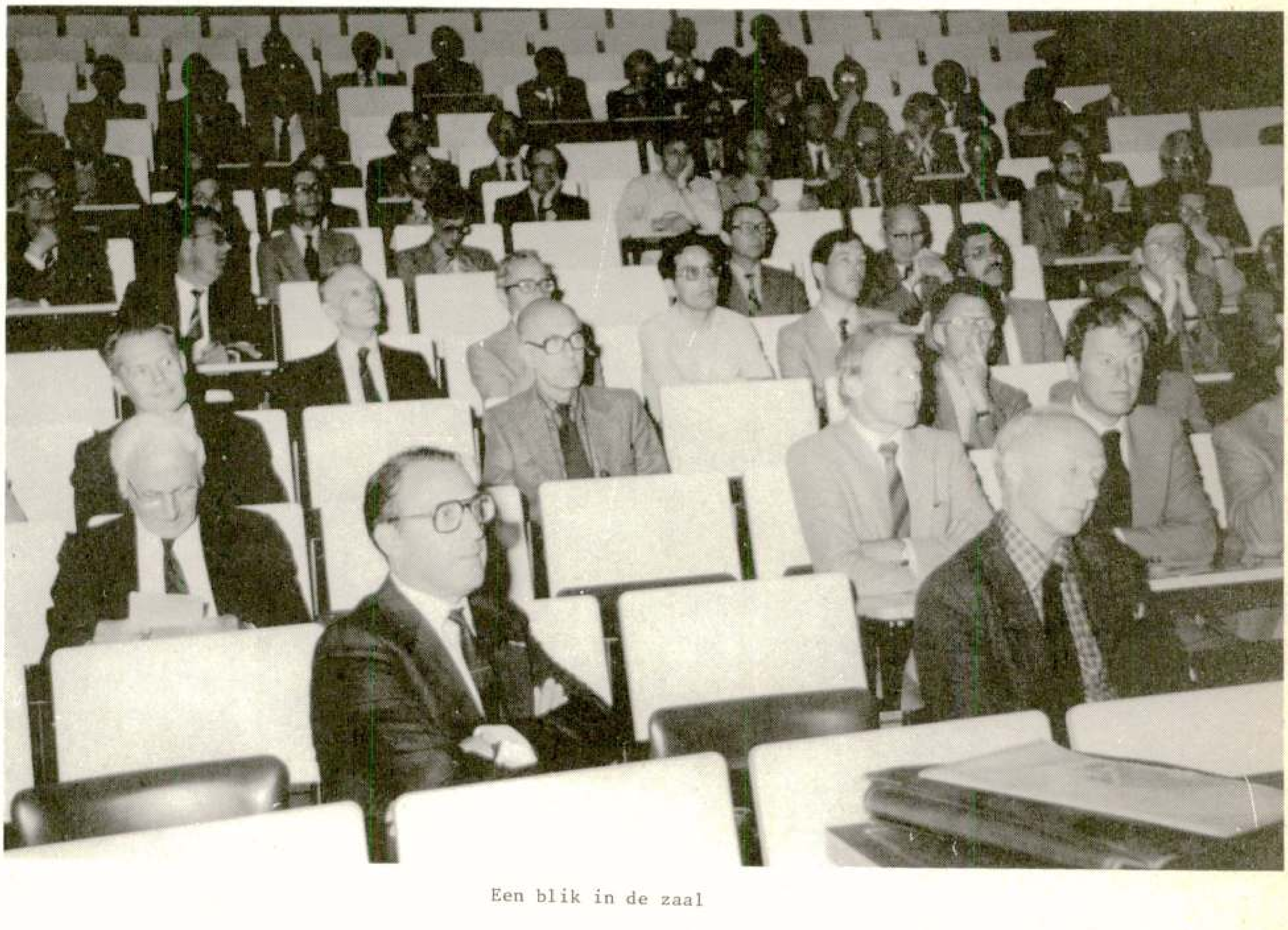
Dr.M.Jeuken
voorzitter.



Minister van Trier in gesprek met de voorzitter



Het kopje koffie vooraf



Een blik in de zaal



Prof.Dr.Ir. A.A.Th.M. van Trier

HET NERG ZESTIG JAAR

Dr. Ir. A. A. Th. M. van Trier
Minister voor Wetenschapsbeleid

Toespraak minister voor Wetenschapsbeleid, dr.ir.A.A.Th.M. van Trier ter gelegenheid van de Jubileum-Bijeenkomst 60-jarig bestaan Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap (NERG) in het Auditorium van de Technische Hogeschool te Eindhoven op 27-5-1980.

Mijnheer de Voorzitter, Dames en Heren,

Aan het begin van mijn inleiding wil ik allereerst het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap van harte gelukwensen met zijn 60-jarig jubileum.
Het NERG is voor de talloze beoefenaren van de radio wetenschap en de elektronica een belangrijk ontmoetingspunt geweest gedurende een lange reeks van jaren en wij kijken naar de toekomst.

U zult begrijpen dat het uitspreken van deze gelukwens mij gemakkelijk valt, omdat ik zo vele jaren als lid van het NERG de vruchten van dat lidmaadschap heb mogen plukken. Evenmin zult U het verrassend vinden dat ik de uitnodiging om hier vandaag een openingswoord te spreken zonder reserve en met groot genoegen heb aanvaard.

De geschiedenis van het NERG weerspiegelt de ontwikkeling in ons land van de radiotechniek, de elektronica en de telecommunicatietechniek sedert 1920, toen op initiatief van A. Dubois en ir. P.J.H.A. Nordlohne het genootschap werd opgericht. Aan deze oprichting werd ook krachtig bijgedragen door dr. Balth van der Pol die na een verblijf van enkele jaren in Engeland in 1919 in Nederland was teruggekeerd.

In de wetenschappelijke en technologische ontwikkeling van het vakgebied bestreken door het NERG, heeft ons land altijd een belangrijk aandeel geleverd. Het werkterrein van het elektromagnetisme biedt vele fraaie voorbeelden van de sterke wisselwerking tussen wetenschap en technologie die elkaars vooruitgang mogelijk maken. Reeds J.C. Maxwell realiseerde zich dit heel scherp. In het voorwoord tot zijn "Treatise on Electricity and Magnetism" schreef hij onder meer:

" It is hardly necessary to enlarge upon the beneficial results of magnetic research on navigation.. But the labours of those who have endeavoured to render navigation more secure by means of magnetic observations have at the same time greatly advanced the progress of pure science". En verder:

"The important applications of electromagnetism to telegraph have also reacted on pure science by giving a commercial value to accurate electrical measurements, and by affording to electricians the use of apparatus on a scale which greatly transcends that of an ordinary laboratory".

De wisselwerking waarvan Maxwell spreekt heeft zich voortdurend voortgezet, in sommige perioden met spectaculaire gevolgen zoals in de jaren rond de Tweede Wereldoorlog, toen vele prominente natuurkundigen en wiskundigen bij de ontwikkeling van de korte golftechniek werden betrokken. Ook de Nederlandse wetenschappelijke wereld heeft de hierdoor geboden mogelijkheden ruimschoots benut, waarbij met name kan worden gedacht aan het spectroscopisch onderzoek, aan de ontwikkeling van magnetische, diëlektrische en halfgeleidermaterialen en aan het aandeel dat ons land heeft genomen in de radioastronomie, waar de meest geavanceerde methodes van signaaldetectie en - behandeling worden ontwikkeld en toegepast.

Het behoeft geen betoog dat de ontwikkeling van de radiotechniek en de elektronica ook in industrieel opzicht voor ons land - dichtbevolkt en grondstoffenarm - van het grootste belang is en blijft. Het gaat immers om de bloei van een industrietak die veel hoogwaardige werkgelegenheid biedt, die produkten vervaardigt met een hoge toegevoegde waarde en die gekenmerkt wordt door relatief geringe milieubelasting en energieconsumptie. Het gaat kortom om een bedrijfstak die een sleutelrol vervult in het streven naar selectieve economische groei; een rol die nog extra relief krijgt in het licht van de import-export balans en van de betalingsbalans. De betekenis van de radiotechniek voor Nederland als handeldrijvende en scheepvarende natie werd van de aanvang af door de betrokken ondernemingen onderkend. Dit heeft onder meer geleid tot het neveneffect van de opricting van de Stichting Wetenschappelijk Radiofonds Veder, waarmee het NERG steeds een hechte relatie heeft onderhouden. Het Vederfonds, een typisch Nederlandse instelling heeft tot op de dag van vandaag een rol gespeeld in de grote kring van oprechte radioamateurs, maar evenzeer door het bekronen van belangrijke professionele wetenschappelijke prestaties.

Voor de ontplooiing van de radiotechniek en de elektronica in ons land, die ik kort heb aangeduid, is

het van grote betekenis geweest dat het NERG steeds een forum heeft geboden waarop mensen uit de industrie, uit de overheidsdiensten en uit de instellingen van wetenschappelijk onderwijs elkaar konden ontmoeten. Het feit dat in de loop der jaren de activiteiten steeds meer gezamenlijk met de Sectie Telecommunicatietechniek van het KIVI en met de Benelux Sectie van de IEEE worden georganiseerd heeft niet de zin ontnomen aan het bestaan van het NERG als beroepsvereniging.

Vele hier aanwezigen hebben de gelegenheid gehad in de werkvergaderingen over hun werk te rapporteren. Persoonlijk herinner ik mij als de dag van gisteren dat ik mijn eerste voordracht mocht houden over de realisatie bij microgolffrequenties van de gyrator van Tellegen.

Het Tijdschrift van het NERG heeft in de loop der jaren - niet verwonderlijk - een evolutie doorgemaakt. Was het aanvankelijk een blad waarin origineel wetenschappelijk werk werd beschreven - ook buitenlandse auteurs als E.V. Appleton publiceerden er in - later werd het blad meer een informatiebron voor de leden over ontwikkelingen die zich in het vakgebied voordoen.

Een beschrijving van de rol van het NERG in de geschiedenis van de radiowetenschap en de elektronica in Nederland mag niet voorbijgaan aan de belangrijke maatschappelijke functie die het genootschap steeds heeft vervuld op het gebied van de vakopleidingen.

Reeds in de jaren '30 werden onder auspiciën van het NRG regelmatig examens voor de diploma's van Radiotechnicus en Radiomonteur afgenomen. Daarmee werd een impuls gegeven aan de opleiding van kwalitatief goede technici die in grote getale nodig waren. Ik noem verder slechts de oprichting - mede op initiatief van het NRG - van de Stichting tot bevordering van het Vakonderwijs op het gebied van de Elektronica in Nederland (SVEN) in 1957, en de instelling in 1972 van de Commissie Modernisering Leerplan Elektrotechniek en Elektronica (CMLEE), die een omvattende opdracht kreeg over het geheel van de leraren- en vakopleidingen. Zoals bekend is enkele jaren geleden de "Stichting voor de Leerplanontwikkeling" (SLO) als concentratiepunt aangewezen voor dat soort opleidingsactiviteit. Het is echter te hopen dat er wegen gevonden worden om de ervaring en de deskundigheid die in het NERG aanwezig zijn, blijvend te benutten voor het vakonderwijs in deze sector.

Mijnheer de Voozitter, Dames en Heren,

Na deze algemene opmerkingen zou ik de resterende tijd willen gebruiken om wat nader in te gaan op de rol van de overheid met betrekking tot de wetenschappelijke en technologische ontwikkeling, een onderwerp waarmee ik mij ambtshalve bezig houd. Ik heb daarvoor vandaag in de kring van het NERG verschillende aanknopingspunten.

Allereerst de Innovatienota, die in het najaar van 1979 door de regering is gepubliceerd en die na een uitgebreide voorbereiding over enkele weken met de Tweede Kamer zal worden besproken.

Een tweede aanknopingspunt is te vinden in de toenemende druk die vanuit parlement en samenleving wordt uitgeoefend om te komen tot wat wordt genoemd een samenhangend, geïntegreerd informatiebeleid.

Vervolgens mag genoemd worden het rapport van de adviesgroep Rathenau over "Maatschappelijke gevolgen van de Micro-elektronica". Over de aanbevelingen van de adviesgroep zal over enkele weken een eerste regeringsstandpunt worden gepubliceerd.

Tenslotte noem ik een meer specifiek, maar niettemin heel belangrijk vraagstuk waarvoor ook de overheid zich gesteld ziet, namelijk dat van het ruimteonderzoek en de ruimtetechnologie.

De bemoeienis van de overheid met wetenschap en technologie staat in direkt verband met de opvattingen in de samenleving over het belang, het nut, maar ook over de gevaren verbonden aan nieuwe technologieën of nieuwe toepassingen van bestaande technologieën.

De invloed van de radiotechniek en elektronica op de samenleving is zeker niet minder ingrijpend dan die van de chemische technologie, de biotechnologie of de nucleaire technologie. De vraag dringt zich op of en in hoeverre de toepassing van de micro-elektronica op soortgelijke tegenstand in de maatschappij zou kunnen stuiten als de kernenergie en wellicht bepaalde sectoren van de biotechnologie. Tegen deze achtergrond moet uiteraard ook de adviesaanvrage van de regering aan de commissie-Rathenau worden gezien. Over deze problematiek zal prof. Freeman ongetwijfeld vanmiddag het een en ander opmerken.

Twijfel aan de zin van het toepassen van nieuwe wetenschappelijke of technologische mogelijkheden is overigins niet nieuw.

Plato beschrijft een dialoog tussen Socrates en Phaedrus, die reeds een aantal elementen bevat van de discussie die vandaag op zo vele plaatsen in de samenleving wordt gevoerd. Socrates vertelt Phaedrus het verhaal, overgeleverd uit de Egyptische oudheid, dat de uitvinder van de cijfers, de rekenkunde, de meetkunde en de astronomie, maar ook van het letterschrift, zich vervoegde bij de Egyptische koning. Hij hield daar een dringend pleidooi om te bevorderen dat deze uitvindingen aan alle Egyptenaren ter beschikking zouden worden gesteld, omdat daardoor hun geheugen zou worden versterkt en omdat zij daardoor wijzer zouden worden. Maar de koning zei: "Een uitvinder is niet altijd de meest aangewezene om het nut te beoordelen van zijn uitvinding voor hen die er gebruik van maken. In dit geval hebt gij, als uitvinder van het letterschrift, aan Uw geesteskind een kracht toegekend die het niet kan hebben. Immers door Uw uitvinding zullen de mensen vergeetachtig worden, omdat zij hun geheugen niet meer oefenen en gebruiken. Zij zullen van veel dingen horen, maar weinig leren; zij zullen alwetend lijken, maar in werkelijkheid weinig

inzicht hebben".

Tot zover het verhaal van Socrates aan Phaedrus, een vroeg voorbeeld van wat vandaag technology assessment wordt genoemd. Ook een vroeg voorbeeld van het gevaar dat deskundigen lopen bij het beoordelen van hun eigen werk. En tenslotte een vroeg voorbeeld van een dringend beroep op de overheid om media voor informatieoverdracht in ruime mate aan de bevolking ter beschikking te stellen.

Wat doet nu de Nederlandse overheid?

Met de Innovatienota beoogt de regering een versterking van het streven naar en het vermogen tot technologische vernieuwing in de Nederlandse samenleving, met name in het bedrijfsleven en in de dienstverlening. Daartoe zijn vereist wetenschappelijke en technologische kennis, kennis van de markt voor goederen en diensten, adequaat management en voldoende financiële armslag om innovatieve projecten te kunnen uitvoeren. Het is niet de bedoeling vandaag nog eens een schets te geven van de nieuwe instrumenten of van de verbetering van bestaande instrumenten die de overheid voor ogen staan. Wel is van belang te onderstrepen dat in het streven naar technologische vernieuwing de informatie-technologie en in het bijzonder de micro-elektronica een centrale plaats moeten innemen. Een nationaal innovatiebeleid kan slechts slagen in een gezamenlijke krachtsinspanning

- van bedrijven, die hun eigen innovatievermogen moeten vergroten, waarbij alle bovengenoemde facetten een rol spelen;
- van onderzoekinstellingen die hun potentieel meer kunnen richten op technologische vernieuwing;
- van adviesorganen, informatieverzorgende instanties, vooral ten behoeve van middelgrote en kleine ondernemingen;
- van overheidsinstanties die de vraag naar goederen en diensten beïnvloeden door regulering, collectieve dienstverlening, opdrachtenbeleid etc.

Ik kom dan tot enkele opmerking over informatiebeleid. De overheid heeft in het verleden op dit gebied niet stil gezeten. Terzake van de omroep, de pers, de PTT, het bibliotheekwezen, de voorziening met documentaire informatie op velerlei gebied, het auteursrecht, het vakonderwijs wordt sinds jaar en dag door de overheid beleid gevoerd, veelal op basis van wettelijke regelingen en met inschakeling van representatieve adviesorganen zoals de Omroepraad, de Persraad, de PTT-raad, de Bibliotheekraad. Waarom dan toch zoveel aandrang op de overheid om een geïntegreerd informatiebeleid te ontwikkelen? Daarvoor is een complex van argumenten en redenen te geven.

Vele nieuwe vormen van informatievoorziening, gekoppeld aan nieuwe technologische mogelijkheden, passen niet in bestaande organisatorische en wettelijke structuren. Wanneer de bestaande infrastructuur voor de omroep of voor de telecommunicatie ook benut kan worden voor de nieuwsvoorziening door de pers, of voor de informatievoorziening door de uitgeverswereld, of voor educatieve doeleinden, of voor de aansluiting aan computercentra en databanken, dan moet op een gegeven moment de vraag beantwoord worden wie, onder welke voorwaarden en voor welke doeleinden "toegang" heeft tot deze media. Omdat nog geenszins duidelijk is hoe de technologie zich zal ontwikkelen en omdat nog veel minder duidelijk is welke voorzieningen op de lange termijn het maatschappelijk belang het best zullen dienen, kampen overheden alom met het vraagstuk adequate wettelijke voorzieningen te treffen die enerzijds ontwikkelingen niet nodeloos remmen, maar die anderzijds de belangen van individu en samenleving dienen. Daar komt nog bij dat vele vraagstukken slechts zinvol in internationaal verband kunnen worden opgelost. Heel concreet is de vraag langs welke lijnen de bestaande infrastructuur voor de informatieoverdracht moet worden uitgebouwd. Daarbij valt met name te denken aan kabelnetten, satellieten enz. De strategische keuzen qua opzet en tempo van realisatie zullen in openheid en met inachtneming van de opvattingen van belanghebbende groepen in de samenleving dienen te geschieden opdat beleidsbeslissingen maatschappelijk aanvaard zullen worden.

Dit alles klemt te meer vanwege de grote economische, sociale en culturele implicaties van deze nieuwe technologie. U kent allen de schattingen van het aandeel dat communicatie- en informatie-activiteiten thans hebben in het Bruto Nationaal Produkt. Indien deze begrippen ruim worden gehanteerd komt Vinken op een schatting van circa één derde van het BNP, welk aandeel nog steeds stijgt. De Europese Commissie heeft " het dynamische complex van de industrie van de informatica, gebaseerd op nieuwe elektronische technieken" aangewezen als een belangrijke bron voor economische groei en sociale ontwikkeling. De commissie heeft onlangs een actieprogramma vastgesteld dat bedoeld is als een poging om voor Europa een zekere onafhankelijke positie te garanderen in de telecommunicatie, de produktie van computers en randapparatuur, in de produktie van componenten, als ook in het ontwikkelen en economisch benutten van computernetwerken en databestanden.

Ook met betrekking tot de sociale en culturele aspecten dringt zich een aantal vragen op. De bescherming van de provacy van individuele burgers, de beveiliging van gegevens omtrent bedrijven en organisaties, als ook de nationale veiligheid stellen hun eisen aan de beheersvorm van databestanden en aan de praktijk van de informatievoorziening. Daarbij doet zich het probleem voor wat wel en wat niet wettelijk kan en moet worden geregeld.

De inrichting van de samenleving, de organisatiepatronen van ondernemingen en van particuliere en collectieve dienstverlening en de werking van het openbaar bestuur op de verschillende niveaus wijzigen zich sterk onder invloed van de nieuwe technologie. Er is

een breed spectrum van opties: aan het ene einde het streven naar meer doorzichtigheid en decentralisatie, aan het andere einde de mogelijkheid van een grote concentratie van informatie en macht. Bovendien moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat een snelle vergroting van de beschikbare informatiestroom bestaande sociale verschillen verder accentueert, doordat de verschillen in kennis-en informatieniveau groter in plaats van kleiner worden.

Het sociaal-economisch effect waarop thans het meest de aandacht wordt gericht is dat van de werkgelegenheid, zowel kwalitatief als kwantitatief. Dit hangt rechtstreeks samen met het derde onderwerp dat ik noemde, namelijk de micro-elektronica.

De adviesgroep-Rathenau in ons land, maar ook vele studies in andere landen en in internationale organisaties komen tot de conclusie dat vele bestaande functies in meerdere of mindere mate de invloed zullen ondergaan van de micro-elektronica, dat een aantal functies zal vervallen, maar ook dat vele nieuwe arbeidsplaatsen zullen kunnen worden gecreëerd. Een bewust innovatiebeleid moet - aldus de adviesgroep - resulteren in een planning van werkgelegenheid, investeringen en opleidingen in onderling verband, opdat de werkgelegenheid kan worden behouden en zo mogelijk vergroot. Behalve op mogelijke tijdelijke negatieve effecten op de werkgelegenheid moet ook het oog gericht worden op de belangrijke mogelijkheden die de micro-elektronica biedt tot verdere humanisering van de arbeid.

Het laatste meer specifieke onderwerp waarover ik iets wil zeggen is dat van het ruimteonderzoek en de ruimtetechnologie. Zoals U misschien bekend is wordt in het Directoraat-Generaal voor Wetenschapsbeleid, in overleg met verschillende departementen, gewerkt aan een ruimtevaartnota, waarin de regering haar voornemens voor de (middel)lange termijn zal ontvouwen.
Met "lange termijn" wordt hier gedoeld op een tijdvak dat enkele kabinetsperioden omvat. De nota nadert zijn voltooiing, zodat verwacht mag worden dat over enkele maanden de beleidsvoornemens in bredere kring kunnen worden besproken. Zonder op de conclusies vooruit te lopen wil ik toch wel een enkele opmerking maken en ik sluit dan aan bij datgene wat in de loop van de laatste jaren over dit onderwerp is gezegd door de RAWB en door het NIVR.

Nederlandse deelneming in de ruimtevaart blijft gewenst om onze ervaring te behouden en te vergroten in het werken met uiterst complexe systemen, die de hoogste eisen stellen aan technologische kennis, efficiency, management en organisatie. Voor de overheid is het belang tevens daarin gelegen dat de kennis van de ruimtetechnologie ons helpt in redelijke zelfstandigheid nationale doelstellingen op een aantal terreinen te kunnen realiseren.

Ik noem doelstellingen op het gebied van wetenschap, telecommunicatie, werkgelegenheid, ontwikkelingssamenwerking defensie.

Met deze algemene uitspraken zijn belangrijke beleidsvragen nog niet beantwoord. Waar liggen onze prioriteiten? Moet het accent worden gelegd op nationale projecten of liever op participatie in internationale projecten, al of niet in ESA-verband? Verdient het de voorkeur na het succes van ANS en het verhoopte succes van IRAS opnieuw een wetenschappelijke, dan wel een applicatiesatelliet te ontwikkelen? Wat is voor ons land het minimale, respectievelijk het gewenste uitgavenniveau?

De RAWB heeft in zijn Jaaradvies 1979 als belangrijkste overwegingen gegeven:

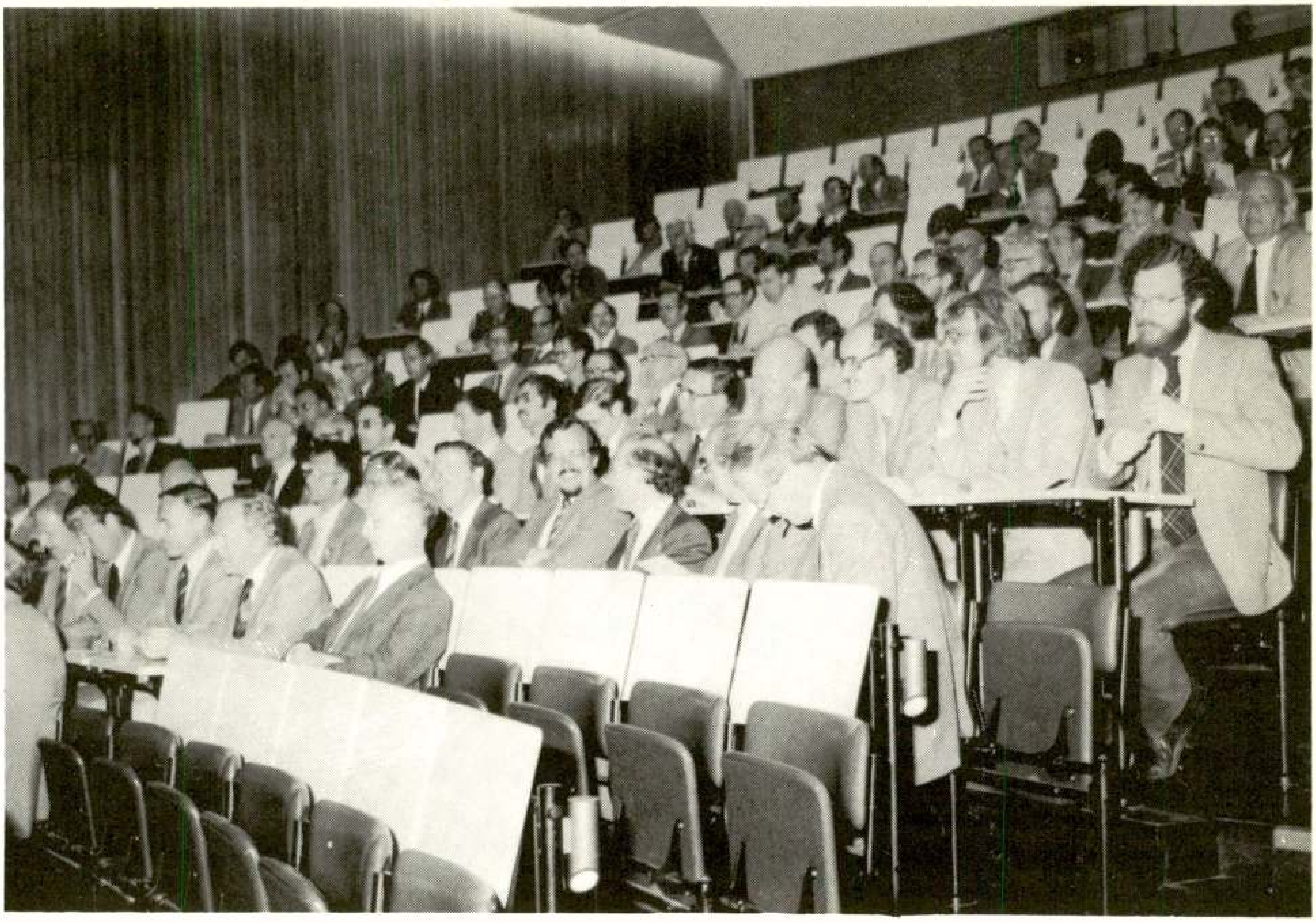
- Het heeft voordelen nieuwe satellieten te bouwen in samenwerking met één of twee andere landen; in dat geval zijn de financiële lasten te dragen en kan toch verzekerd worden dat het Nederlandse aandeel in technisch-wetenschappelijk opzicht en in het management van voldoende gewicht is (het in ESA-verband ontwikkelde L-Satellite project kan in dit verband belangwekkend zijn);
- Nieuwe projecten zullen de Nederlandse deelnemers voldoende mogelijkheden moeten bieden om voort te bouwen op de ervaringen met de ANS en de IRAS.

Mijnheer de Voorzitter, Dames en Heren,

Ik sprak over de dialoog van Socrates en Phaedrus. Heeft de Nederlandse overheid een even scherp inzicht als de Egyptische koning? Er bereiken ons geluiden die ons doen vermoeden dat deze overtuiging niet algemeen heeft postgevat. Maar zelfs als de overheid dat inzicht had, zou zij dan zoals de Egyptische koning bij machte zijn dat inzicht ingang te doen vinden? De informatietechnologie en de micro-elektronica dringen door in alle facetten van het leven, mede onder invloed van wat zich in de landen om ons heen afspeelt. Een regering heeft derhalve slechts begrensde mogelijkheden om deze gang van zaken bij te sturen.

De regering heeft - zoals de regeringen in vele andere landen - gekozen voor een pakket beleidsmaatregelen dat inwerkt op alle factoren die het innovatieproces bepalen. Deze maatregelen kunnen slechts succes hebben wanneer zij - eventueel bijgesteld op basis van gefundeerde kritiek - worden gesteund door de sociale partners, de onderzoek- en onderwijsinstellingen, adviserende instanties, individuele bedrijven en professionele organisaties.

Mag ik eindigen met de wens dat het NERG als vakgenootschap voor radiotechnici en elektronici, in samenwerking met het KIVI het algemeen belang zal blijven dienen door de wetenschappelijke ontwikkeling te stimuleren en door mede zorg te dragen voor goede onderwijsvoorzieningen.



Nog een blik in de zaal, nu uit de andere hoek



Nog een tweetal
actie-foto's
van het forum





Prof.Dr.Ir. J. Davidse

VIJFENTWINTIG JAAR ONTWIKKELING IN DE ELEKTRONICAWETENSCHAPPEN

J. Davidse
Technische Hogeschool Delft

Twenty five years of development in the science of electronics. On behalf of the 60th anniversary of the NERG a retrospective view is given on the progress of electronics during the past 25 years. Besides a survey of the technical developments during this period an analysis is made of the way of working and thinking of scientists who are active in the field. The importance of electronic techniques for society is outlined and the future role of electronics is discussed.

1. Inleiding

Een jubileumbijeenkomst is een gerede aanleiding om een blik terug te werpen, maar niet minder ook om een blik vooruit te werpen. Het NERG bestaat op 29 mei precies 60 jaar en hieraan zou een motief ontleend kunnen worden om ons bezig te houden met de geschiedenis van ons vak over die periode. Ik heb er echter voor gekozen om dit niet te doen. Bij het vijftigjarig jubileum van onze vereniging heeft Tellegen een uitstekende schets gegeven van de eerste decennia van de elektronica. En hierom en omdat een zekere beperking de mogelijkheid biedt om op meer indringende wijze verleden en toekomst aan elkaar te relateren, wil ik mij voor wat het verleden betreft in hoofdzaak beperken tot de laatste kwart eeuw. Ik kies als mijn vertrekpunt dus het jaar 1955 en ik wil beginnen met te proberen de ambiance van ons vak omstreeks dat jaar in herinnering te roepen, of voorzover u het zelf niet of niet bewust hebt meegemaakt, u die te schetsen.

2. Elektronica vijfentwintig jaar terug

Hoe was de stand van zaken in 1955? Het valt op dat de voortbrengselen van de elektronische techniek er toen bepaald anders uitzagen dan thans. Het verschil is zeer opvallend en dat wordt vooral veroorzaakt door het verschil in de toen en in de thans beschikbare elektronische bouwstenen. We zaten nog volop in de buizentijd. De transistor was al wel aan zijn opmars begonnen, maar voor enigszins veeleisende toepassingen was de buis nog altijd het aangewezen actieve element. De passieve componenten, vooral de condensatoren en de transformatoren, waren overwegend volumineus en zwaar. De geëigende bouwwijze van elektronische opstellingen was de chassisbouw. Die maakte het mogelijk de zware componenten en de buizen, die gemakkelijk vervangbaar moesten zijn, bovenop te plaatsen en de onderkant te gebruiken voor de kleinere passieve componenten en de bedrading. De benodigde voedingsspanningen en -stromen waren aanzienlijk en daarmee de dissipatie. Grotere opstellingen werden gebouwd in zgn. 19-inch rekken, waarbij de zware voedingsapparaten meestal onderin geplaatst werden. Zo'n rek was een soort schoorsteen voor de grote hoeveelheid af te voeren warmte. De apparatuur kon op sommige plaatsen zo heet worden dat je er een ei op kon bakken en in een kamer met een aantal van zulke rekken werd al gauw een 10 kW energie gedissipeerd, hetgeen op warme dagen niet altijd een gewenste bijdrage leverde tot het klimaat in het laboratorium.

Als het uiterlijk van de voortbrengselen van een bepaalde techniek in belangrijke mate bepaald wordt door de er aan ten grondslag liggende technologische basis en niet in de eerste plaats door hun gebruiksdoel, is dat meestal een indicatie van een nog niet volledig uitgerijpt zijn van deze techniek. Het aanzien van bijvoorbeeld auto's, fietsen, koelkasten en strijkijzers wordt, als we modieuze tierlantijnen en ornamenten even buiten beschouwing laten, veel meer bepaald door hun functie dan door hun technische opbouw. Zo is het ook met vele hedendaagse elektronische apparaten: elektronische rekenapparaten, horloges, oscilloscopen en voltmeters danken hun verschijningsvorm aan hun functie en niet langer aan wat er in zit, en dit illustreert mede het rijpingsproces dat de elektronica in de laatste kwart eeuw heeft doorgemaakt. Ter illustratie tonen de foto's 1 t/m 6 enige apparaten die karakteristiek mogen worden genoemd voor de elektronische techniek van de jaren vijftig: een toongenerator, een populaire oscilloscoop, een elektronische voltmeter, een meetversterker met nuldetector, een analoge computer en een televisie-ontvanger. Alleen dit laatste apparaat toont een verschijningsvorm die dicht bij de huidige staat en dit is begrijpelijk, als men bedenkt dat de component die een beslissende factor is voor de vormgeving van het apparaat, de weergeefbuis, geen fundamentele wijzigingen heeft ondergaan.

3. Schets van de ontwikkeling gedurende een kwart eeuw

Gaan we nu eerst in het kort de ontwikkeling van de elektronische techniek gedurende de laatste kwart eeuw na, dan kan de conclusie niet anders zijn dan dat deze ontwikkeling zeer expansief is geweest. De meest kenmerkende verandering is de overgang van buizenelektronica naar halfgeleider-elektronica. Het is deze verandering

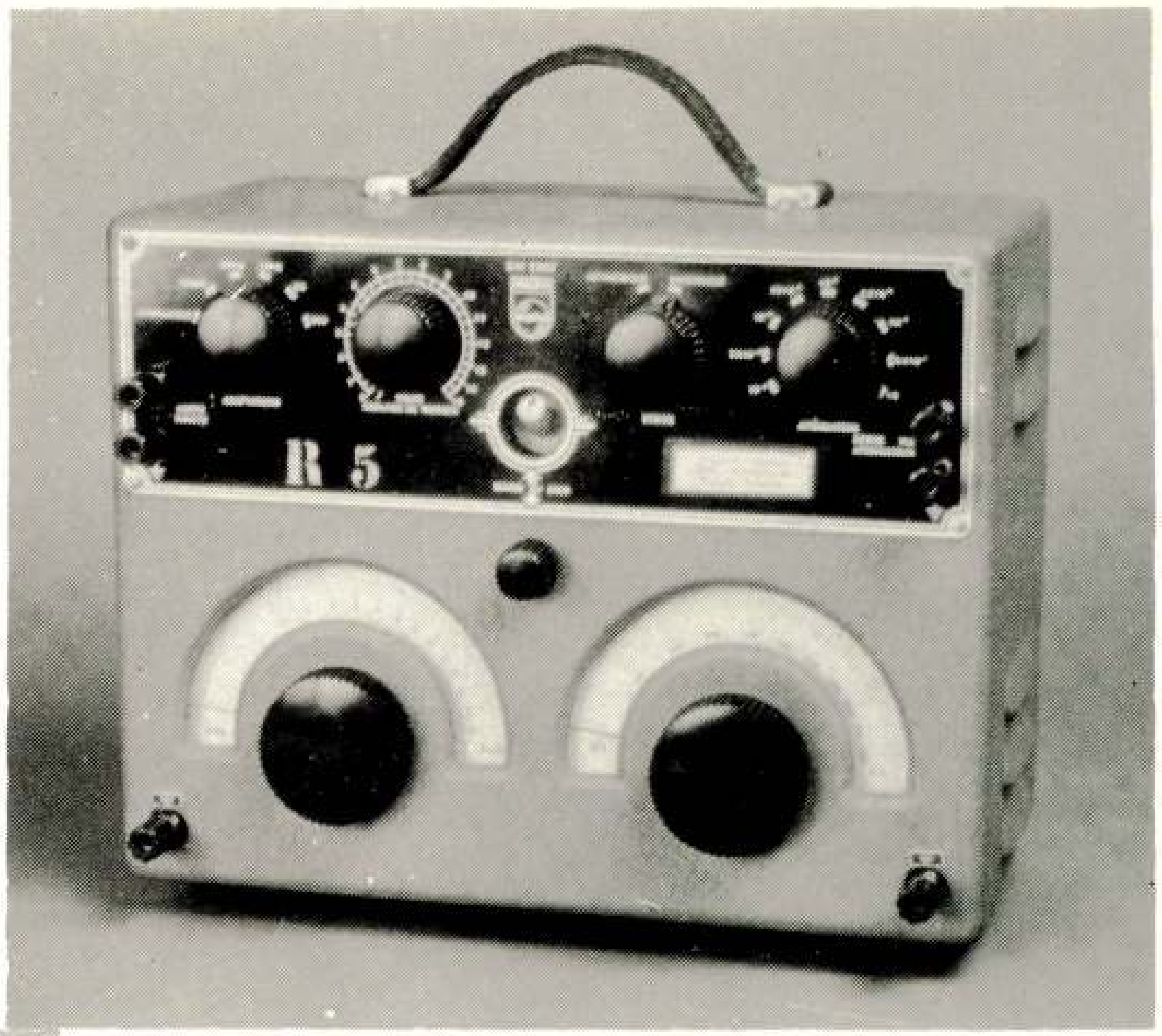


foto 1

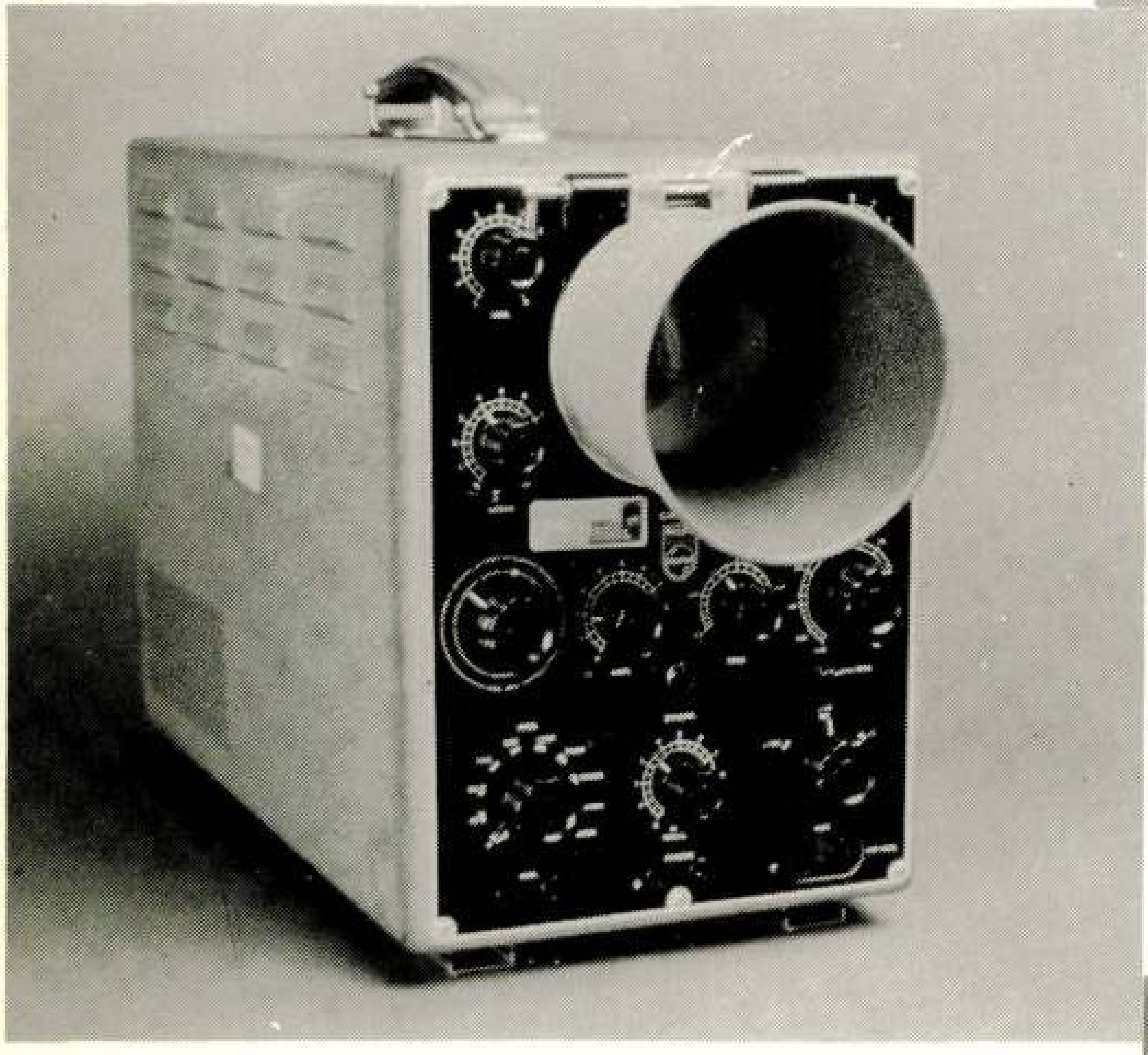


foto 2

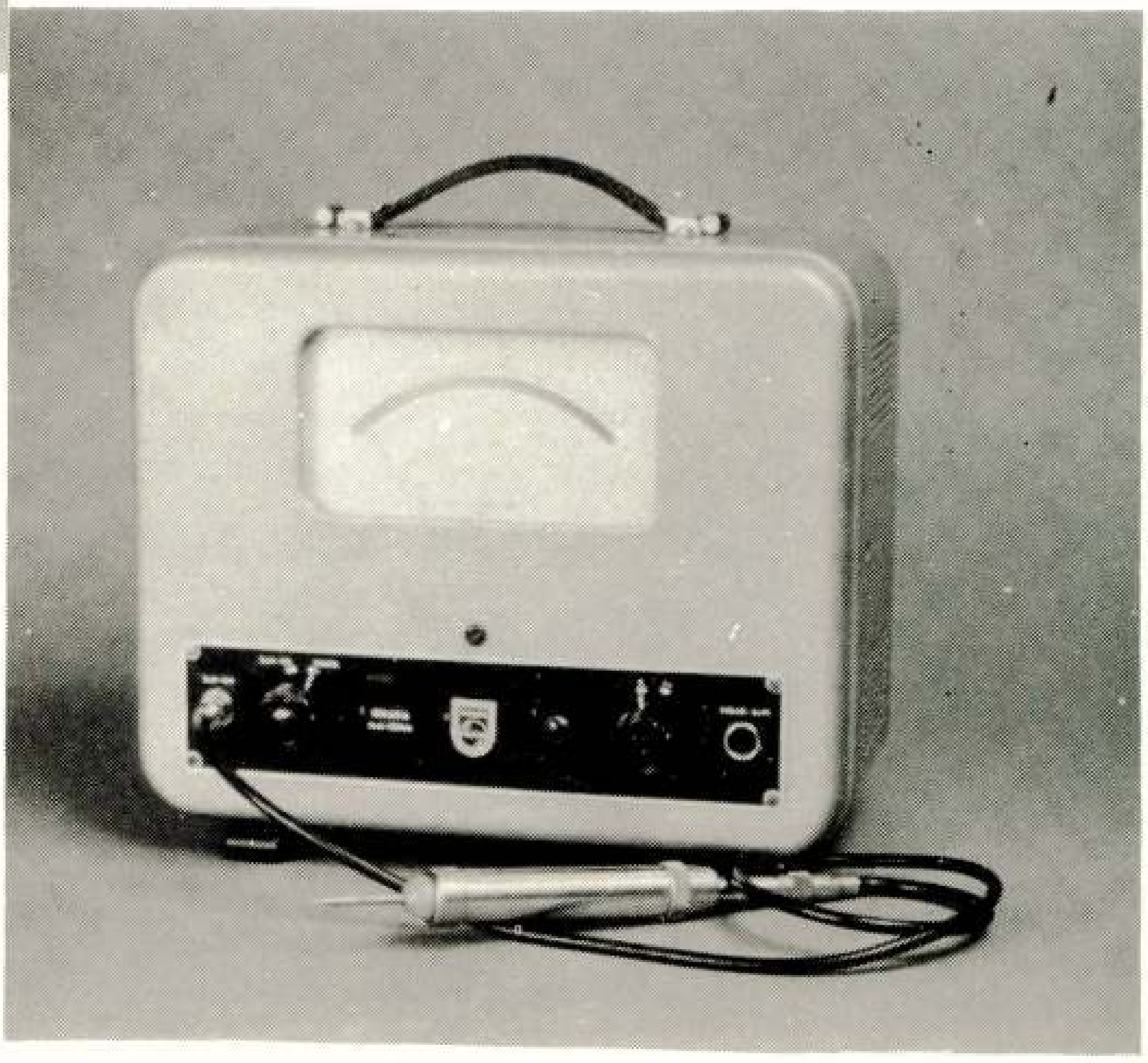


foto 3

die het gezicht van de elektronica volledig heeft veranderd. Het begin van de kwart eeuw waarop we terugblikken wordt gekenmerkt door de snelle opmars van de bipolaire transistor. In hoog tempo volgen de verbeteringen in de fabricagetechniek elkaar op: de legeertechniek wordt opgevolgd door de diffusietechniek, de mesa-constructie en later de planaire techniek. Het germanium wordt verdrongen door het silicium. Niet alleen de transistortechnologie maakt snelle vorderingen, ook het inzicht in de werking en in de relaties tussen constructie en elektrische eigenschappen maakt een snelle ontwikkeling door. Het eind der jaren vijftig kenmerkt zich door een zich sterk uitbreidende aandacht voor nieuwe halfgeleidercomponenten, met name de verschillende typen veldeffecttransistoren en op de halfgeleidertechniek gebaseerde vermogensschakelaars.

Reeds spoedig wordt duidelijk welke ongekende mogelijkheden de nieuwe planaire techniek in zich verbergt. In het begin der jaren zestig komen de eerste IC's tot ontwikkeling en markeren het begin van wat wellicht de tot nog toe meest expansieve periode van de elektronische techniek zou worden. De snel groeiende micro-elektronische techniek opent de weg naar toepassingen van de elektronica in allerlei informatieverwerkende systemen. Het meest opvallend is de door de IC-techniek mogelijk gemaakte groei van de digitale technieken en met name de computertechniek. Foto 7 toont het front van de in het Philips laboratorium in het begin der jaren zestig gebouwde PASCAL computer, die naast transistoren nog een groot aantal buizen gebruikte. Een computer van vergelijkbare capaciteit kan nu, nog geen 20 jaar later, gerealiseerd worden op één enkele chip.

Op technologisch gebied bloeit er een spannende competitie op tussen bipolaire en MOS-technieken, waarbij tenslotte beide vormen hun eigen terrein blijken te vinden en in een later stadium ook combinaties van beide rivalen interessante perspectieven openen.

Als in het begin van de jaren zeventig de microcomputer zijn intrede doet, gesteund door de zich in hoog tempo ontwikkelende techniek om grote geheugens op MOS-basis te vervaardigen, treedt opnieuw een stroomversnelling in. De snel groeiende microelektronica brengt een vloed van nieuwe elektronische systemen voort. De kostprijs per functie neemt dramatisch af en deze combinatie van technologische kracht en economische druk opent het uitzicht op een voortgaande ontwikkeling met verstrekkende consequenties voor de rol van de elektronische techniek in de samenleving. Als deze zich eindelijk de betekenis van wat al gauw populair "de chip" genoemd wordt, realiseert, is de ontwikkeling al zeer ver voortgeschreden.

De elektronische techniek was in de periode die onze aandacht heeft steeds een in hoge mate internationaal terrein van activiteit. Men kan vaststellen dat de Verenigde Staten en later ook Japan hierin de meest opvallende contribuanten zijn geweest en nog zijn. Toch heeft, zeker in verhouding tot zijn omvang, Nederland eveneens een rol van betekenis gespeeld. Met name mogen de Nederlandse bijdragen in de ontwikkeling van de zgn. I^2L-techniek en in de techniek van de charge-transfer devices met ere genoemd worden.

4. Elektronica en elektronici

Een vak kan slechts gedijen als het gedragen wordt door kundige en enthousiaste beoefenaren. Daaraan heeft het de elektronica nooit ontbroken. Hoe zag de elektronicus anno 1955 er uit? Hij was een virtuoos in het hanteren van de soldeerbout en door zijn intieme omgang met buisschakelingen was hij goed getraind in het incasseren van elektrische schokken. Belangrijker is hoe hij zijn vak beleefde en hoe hij zijn werk aanpakte. Er waren nog geen computers, en daardoor was hij in zijn werk, veel meer dan thans het geval is, aangewezen op het experiment. Het hierdoor bepaalde ineenvloeien van het werk van hoofd en hand stimuleerde de ontwikkeling van een praktische, pragmatische instelling, niet alleen ten opzichte van de vakbeoefening, maar ook ten opzichte van buiten het vakgebied liggende vragen. De hedendaagse elektronicus is onmiskenbaar meer rationeel en meer gericht op een formele, systematische aanpak van problemen. Misschien kun je zeggen dat het denken van de elektronicus anno 1955 meer fysisch, dat van zijn hedendaagse collega wat meer mathematisch gericht is. Of dit verschil in benaderingswijze gevolgen heeft voor de inventiviteit van de beoefenaar van het vak is een interessante, maar niet eenvoudig te beantwoorden vraag. Mijn vermoeden is dat een dergelijke eigenschap toch meer gebonden is aan de aard van de persoon dan aan die van zijn werk en zijn werkmethoden. Welke beroepsbeoefenaren moeten worden beschouwd als behorend tot het genus "elektronicus" is overigens vandaag minder gemakkelijk aan te geven dan vroeger, toen de door de elektronicus geschapen apparaten en systemen nog niet toe waren aan de vergaande proliferatie van latere jaren.

Elektronisch ontwerpwerk was vijfentwintig jaar geleden evident anders dan nu. Een belangrijk uitgangspunt was het beperken van het aantal componenten, waarbij vooral zuinigheid met actieve componenten als een ware deugd werd aangemerkt. De ontwerper kon veel eer inleggen met schakelingen waarin componenten meervoudig gebruikt werden. Zulke schakelingen waren wel vaak bijzonder kritisch en ze vereisten veelal zorgvuldige afregeling. Bij het opbouwen van elektronische systemen was het niet zelden lonend geen gebruik te maken van reeds beschikbare elektronische confectie. Om de totale structuur eenvoudig te houden was aan maatwerk veelal niet te ontkomen. Men mag aannemen dat de geschetste aard van het werk invloed had op de richting waarin zich het vernuft van de elektronicus ontwikkelde. Misschien kun je zeggen dat liefde en aandacht voor het individuele ven elk probleem zijn



foto 4

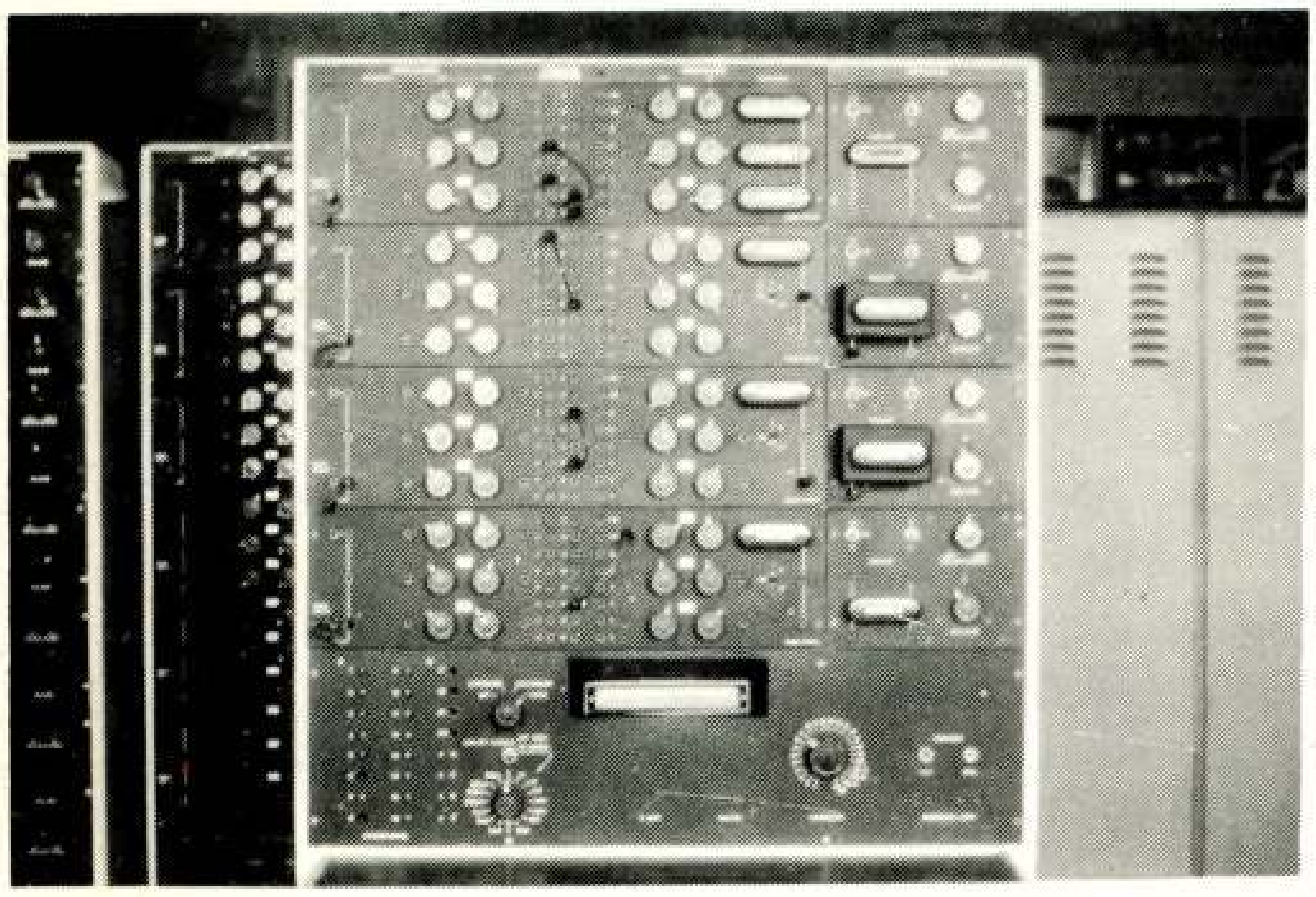


foto 5

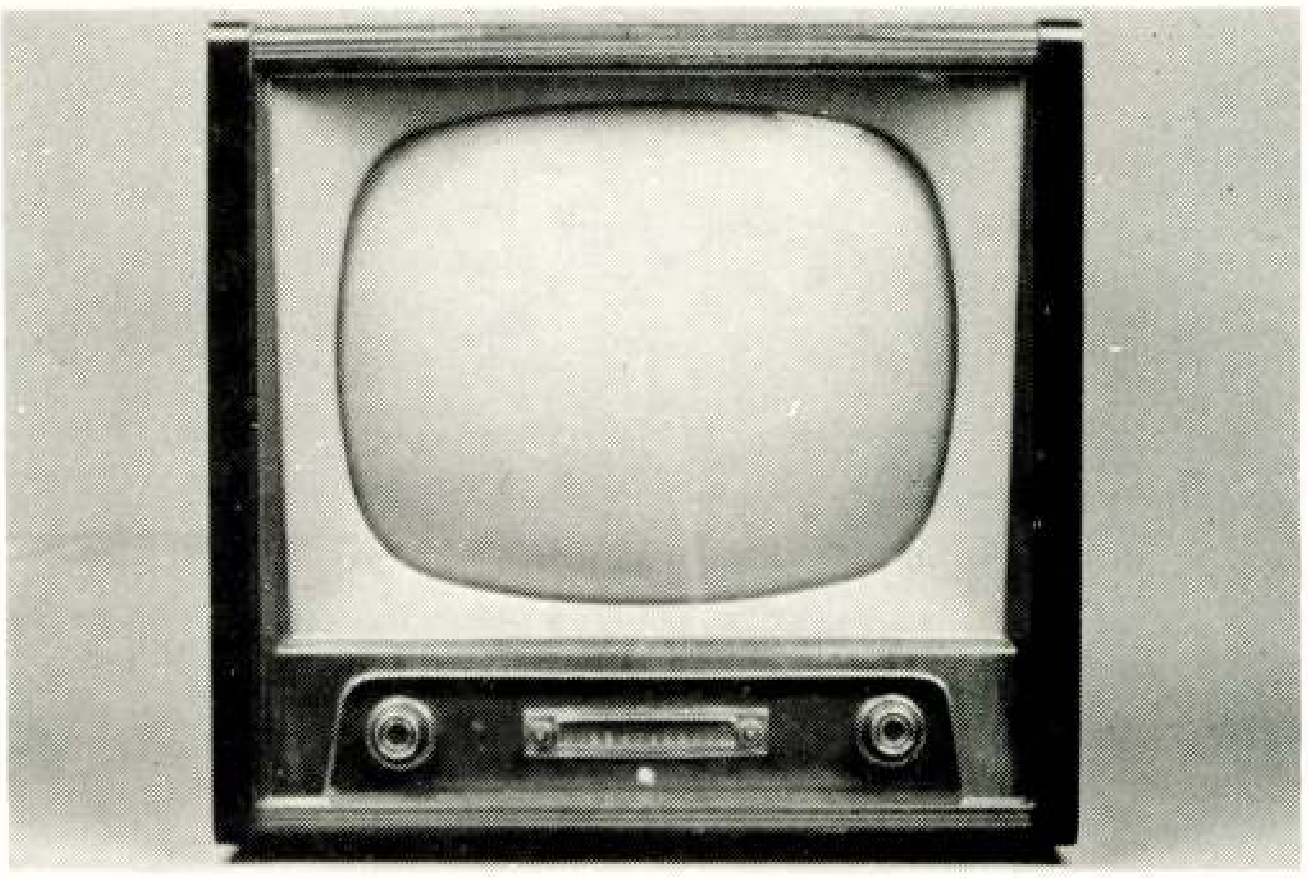


foto 6

reeds aanwezige wat individualistische geaardheid neigden te versterken. Deze karaktertrek kwam ook niet in botsing met de algemene opvattingen over de taak en de houding van technische deskundigen. Een beetje generaliserend kun je zeggen dat het Leitmotiv destijds was dat alles wat technisch haalbaar was, ook gewenst was. De vraag naar wat, van de behoeften van de samenleving uit gezien, het meest relevant of gewenst was, werd nauwelijks gesteld en de discussie over de functie van de technische wetenschap in het geheel der samenleving was nog geen publieke zaak.

Waarmee hielden de elektronici zich in 1955 vooral bezig? Een hoofdthema was onmiskenbaar het streven naar wat genoemd werd transistorisering. Veel aandacht werd gegeven aan de ontwikkeling van betere transistoren en aan de toepassing daarvan in allerlei schakelingen. Gestimuleerd door de grote successen van de gedurende de jaren veertig tot bloei gekomen radartechniek, verwachtte men ook veel van de verdere ontwikkeling van de microgolftechniek. Grote aandacht had ook het terrein der magnetische materialen, in het bijzonder met het oog op de vervaardiging van betere inductieve componenten en ten behoeve van de ontwikkeling van geheugenelementen.

In de sector van de elektronische systemen kwam de belangstelling voor elektronische rekenmachines langzaam op gang. Grote activiteit viel waar te nemen rondom de ontwikkeling van elektronische meetsystemen en van kleurentelevisiesystemen. Op het laatstgenoemde terrein was er sprake van een typisch internationale activiteit die gekenmerkt was door een spanningsveld tussen competitie enerzijds en de behoefte aan coördinatie anderzijds. De activiteiten op dit terrein hebben veel bijgedragen tot de vooruitgang in de elektronica. Het typische mengsel dat de televisietechniek is van foto-elektronica, elektronenoptica, brede-band signaalverwerkingstechniek en pulstechniek heeft de ontwikkeling gestimuleerd van zulke uiteenlopende zaken als beeldversterkers en computers. Ook is het aannemelijk dat de ontwikkeling van fotolithografische processen voor de vervaardiging van kleurenweergeefbuizen een niet te verwaarlozen inspiratiebron is geweest voor de opkomst van de planaire techniek om transistoren en later IC's te vervaardigen.

5. Van macroelektronica tot microelektronica

In het voorgaande heb ik getracht een beeld te geven van de elektronica en van haar beoefenaren vijfentwintig jaar geleden. Daarnaast werd de ontwikkeling van het vakgebied in de sindsdien verstreken periode geschetst. Met dit beeld als uitgangspunt wil ik vervolgens de ontwikkeling van het vak en zijn beoefenaren nu trachten te overzien in een perspectief dat meer specifiek de functionele aspecten in het licht stelt.

Het meest ingrijpende proces dat de elektronica in de achter ons liggende vijfentwintig jaren heeft doorgemaakt is ongetwijfeld de overgang van macroelektronica naar microelektronica. De consequenties hiervan mogen zonder overdrijven revolutionair genoemd worden. De microelektronica opende niet alleen de weg tot het verregaand perfectioneren van bestaande elektronische sysyemen, zij stelde de elektronica ook in staat met groot succes door te dringen in terreinen die voorheen voorbehouden waren aan niet-elektronische technieken.

De IC-elektronica vertoont een aantal kenmerken die in hoge mate bepalend zijn voor haar uitzonderlijke potentie. Componenten, en met name actieve componenten, kosten vrijwel niets meer. Bovendien komen de schakelingen in de IC-elektronica met zeer weinig energie uit. De nanowatt werd een courante vermogensgrootheid. De weg naar grootschalige toepassing van digitale technieken kwam hiermee open te liggen. Dit leidde tot de reeds gereleveerde explosieve ontwikkeling van computers en later ook microcomputers. Maar ook in de communicatietechniek, de meettechniek en de regeltechniek trekt de digitale aanpak diepe voren. De vrijwel onbeperkte beschikbaarheid van digitale signaalbewerkingsfuncties, zowel van de hard-wired variëteit als van de programmeerbare variëteit, maakt het aantrekkelijk om overal waar signaalbewerking gevraagd wordt hiervoor (micro-)elektronische hulpmiddelen in te schakelen. Dit verklaart het gemak waarmee de elektronica doordringt in terreinen die van oudsher beheerst werden door andersoortige technieken. De fabrikanten van horloges en van kasregisters hebben op dit punt traumatische ervaringen opgedaan. Maar ook in een vak als de weegtechniek en in de automobieltechniek wist men tot voor kort nauwelijks van het bestaan van de elektronica. Moderne weeginstrumenten zijn in hoge mate geëlektronificeerd en behalve de eigenlijke weegfunctie incorporeren ze eveneens de op basis van de weeguitkomsten uit te voeren operaties. In de automobieltechniek is de elektronica bezig snel door te dringen. Het tempo van de ontwikkeling wordt hier in hoofdzaak bepaald door de beschikbaarheid van de benodigde sensoren en actuatoren. Dit voorbeeld is een goede illustratie van een algemeen aspect van de ontwikkeling van de moderne elektronica: de ontwikkeling van de *signaalbewerkingstechniek* is uitgelopen op die van de technieken voor het *verwerven* van de primaire informatie en die voor het *weergeven* of *gebruiken* van de informatie. Deze disharmonie in de ontwikkeling is van meet af aan wel in enige mate aanwezig geweest in de elektronische technieken. Ook in een wat verder verleden waren de opneem- en weergeeftransducenten in, bijvoorbeeld, de audio- en de televisietechniek veelal de zwakste elementen in de totale signaalketen. Maar een situatie dat de invoering van elektronische middelen in opvallende mate haar begrenzing vond in het ontbreken van op het toepassingsgebied toegesneden transducenten, deed zich bij mijn weten nimmer voor. De oorzaak is niet moeilijk te achterhalen: de monolithische techniek die de microelektronica –

revolutie mogelijk maakte, is typisch een techniek om schakelingen te realiseren. De stap van SSI via MSI naar LSI en VLSI is formeel van kwantitatieve aard, maar naar haar uitwerking van kwalitatieve aard, want het is deze stap die aan de microelektronica haar revolutionaire karakter gaf. Een ontwikkeling van vergelijkbare importantie vond echter niet plaats in de sector van de transducenten.

Komen we nu terug op de beoefenaars van het vak, dan moet vastgesteld worden dat de vele fundamentele veranderingen in de technologische basis van de elektronica een groot beroep hebben gedaan op de flexibiliteit van het denken van de elektronici. Wie opgegroeid was met buizen - en dat was iedereen die in het begin der jaren vijftig zijn opleiding achter de rug had - moest omschakelen op transistoren. Dit proces is niet zonder problemen verlopen en met name het onderwijs, waar de confrontatie met externe criteria minder ingrijpend is dan in het bedrijfsleven, heeft de bocht niet zonder moeite genomen. Veel rust werd de met succes in de transistortechniek ingewijde overigens niet geschonken, want al zeer spoedig diende de IC-techniek zich aan met al de daarbij behorende nieuwe uitdagingen.

6. De positie van de elektronicus en zijn vak nu

Het voorgaande maakt duidelijk dat de elektronici het in de achter ons liggende periode niet gemakkelijk hebben gehad. Het lijdt echter geen twijfel dat zij kunnen terugzien op een uiterst boeiende periode en zij bevinden zich thans in een zeer bijzondere positie. Op een moment dat de samenleving als geheel tamelijk hardhandig geconfronteerd wordt met de consequenties van de microelektronica, populair aangeduid met de term "chip", beschikt de man van het vak over kennis van deze techniek en kan hij zich een op inzich steunend beeld vormen van de betekenis daarvan voor de nabije en verdere toekomst. Daarmee neemt hij in feite een maatschappelijke sleutelpositie in. Het is een verblijdende ontwikkeling dat vele beoefenaren van het vak zich in de loop der tijd de maatschappelijke implicaties van hun werk bewust zijn geworden. Zij staan hierin niet alleen. Wellicht moet als één van de meest opvallende evoluties van de voorbije 25 jaren worden gezien de ontwikkeling van het algemene maatschappelijke bewustzijn met betrekking tot de functie van de techniek in het geheel van de samenleving. Zoals reeds aangestipt werd was vijfentwintig jaar de overheersende gedachtengang, dat wat technisch mogelijk was ook waard was te worden uitgevoerd. Generaliserend gesproken zag de technicus zich in de eerste plaats als degene die maakte wat hem gevraagd werd te maken, daarbij de verantwoordelijkheid voor het gebruik daarvan overlatend aan de opdrachtgever. Men kan niet zeggen dat deze mentaliteit niet meer gevonden wordt, doch wel dat deze in haar algemeenheid achterhaald is en dat zij, zo zij zich ergens manifesteert, kan rekenen op kritiek uit de omgeving.

De vooral gedurende de laatste tien jaren gegroeide kritische houding van de samenleving ten opzichte van de functie van de techniek daarin vindt haar grond in het zichtbaar worden van een aantal negatieve aspecten van het ongebreideld optreden van de homo faber. Dreigende uitputting van materiële en energetische bronnen is een belangrijk aspect, waarnaast de toenemende belasting van het milieu moet worden genoemd. Men kan zeggen dat op deze punten de moderne techniek niet wezenlijk anders is dan die van vervlogen tijden. Ook hier treedt echter door schaalvergroting een in feite kwantitatief effect als kwalitatief in het licht.

De elektronische techniek neemt in dit proces een merkwaardige plaats in. Haar behoeft aan materiaal en energie neemt immers juist voortdurend af. Het voornaamste materiaal is bovendien silicium, het op zuurstof na meest voorkomende element op aarde. De door de nieuwe elektronica opgeroepen zorgen hebben een geheel andere achtergrond. Elektronica is de implementatietechniek van de informatietechniek. Wat als bedreiging gevoeld wordt is de door de nieuwe techniek mogelijk wordende manipulatie van informatie met de daarmee samenhangende aspecten van verlies van menselijke waardigheid, depersonalisering, bedreiging van privacy, bedreiging van werkgelegenheid. Deze zaken zijn voor de niet-deskundige veel minder overzienbaar dan zaken als uitputting van grondstoffen en energie. Om die reden rust op de wel ter zake kundige in de sector van de informatiebeheersing een zwaardere verantwoordelijkheid dan op de expert in de materiaal- en energieconsumptieve sectoren. Als men dan bedenkt dat de elektronici en de informatietechnici van zeg 25 jaar geleden wellicht meer dan andere categorieën van technische deskundigen zich afstandelijk opstelden ten aanzien van het maatschappelijk gebruik van hun kunde, wordt het duidelijk welke mentale ontwikkeling juist deze groep heeft moeten doormaken en nog doormaakt. Ik maak mij niet de illusie dat de elektronici zich inmiddels hun maatschappelijke functie volledig bewust zijn en ik stel mij voor verderop in mijn betoog nog op deze kant van de zaak terug te komen.

7. De toekomst van de elektronische techniek

Voorspellen is moeilijk, vooral als het de toekomst betreft, zo luidt een vaak in kringen van futurologen geciteerd aforisme. Bespiegelingen over de toekomst kiezen doorgaans hun vertrekpunt in het verleden en trachten dan via een soort extrapolatieprocedure verder te kijken. Past men deze methode toe op de elektronica, dan komt men op basis van de eerder geschetste ontwikkelingsgang tot de verwachting dat de gesignaleerde trends zich zullen voortzetten. In concreto betekent dit dat overal waar het gaat om informatiebeheersing de elektronica zal doordringen en dat daarbij digitale signaalbewerking zal domineren. De microcomputers zullen gaande-

weg de mogelijkheden krijgen van de huidige mini- en zelfs macrocomputers, de capaciteit van de beschikbare geheugens zal verder toenemen en een deel van de benodigde perifere apparatuur zal in het integratieproces betrokken worden.

Er zullen universele interfaces, o.a. voor het weergeven van informatie via t.v.-ontvangers komen. Het lijkt waarschijnlijk dat in een verder stadium voor veel gevraagde functies "dedicated hardware" zal verschijnen. Tenslotte valt te verwachten dat zich een grote inspanning zal richten op het ontwikkelen van allerlei sensoren en actuatoren en dat een deel van de hierbij behorende signaalbewerkingscircuits daarin geïncorporeerd zal worden. De benaming "smart sensors" die men in dit verband wel gebruikt, lijkt niet onaardig gekozen.

Op analoge wijze extrapolerend terzake van de *toepassingen* van microelektronica kost het weinig moeite een indrukwekkende lijst op te stellen. Een voorbeeld van zo'n lijst is te vinden in het welbekende rapport van de "adviesgroep microelektronica", beter bekend als de "commissie Rathenau". Deze lijst pretendeert niet volledig te zijn, zij is echter wel illustratief voor de enorme breedte van het activiteitsgebied van de nieuwe techniek.

De geschetste weg om tot een beeld van de toekomst te komen via extrapolatie van de technische ontwikkeling wil ik niet verder vervolgen. Niet omdat ik geloof dat het niet goed mogelijk is langs deze weg een denkbaar scenario voor de toekomstige ontwikkeling te schetsen, maar omdat ik van mening ben dat deze methode een in wezen verkeerd vertrekpunt kiest. In feite baseert zij zich immers op de gedachte dat alles wat technisch mogelijk en economisch haalbaar is, tot stand zal komen. En het is juist deze technologische imperatief, die we in het voorgaande hebben afgewezen als leidraad voor het maatschappelijk functioneren van het technisch handelen.

Een alternatieve, en naar mijn mening meer fundamentele benadering van de toekomst ontstaat wanneer men niet een bepaalde techniek, doch de door haar gediende functie centraal stelt. Omdat de functie veel ouder is dan de technische verschijningsvorm,verplaatst ons vertrekpunt zich dan naar een ver verleden. Reeds eerder stelden we vast dat de functie van de elektronica altijd in verband staat met informatiebeheersing. Het opnemen en beheersen van informatie is een proces dat essentieel is voor de gehele levende natuur, doch in het bijzonder voor de mens. Van het begin van het optreden van de mens op aarde af heeft deze zich toegelegd op beheersing van de informatie die hij in het contact met de omgeving en met zijn soortgenoten verwierf. De ontwikkeling van de taal als hoog gedifferentieerd communicatiemedium en tegelijk als voertuig voor het denken, kan worden gezien als een principiële mijlpaal. Veel later volgt de ontwikkeling van schriftsystemen als een middel om informatie vast te leggen, waarmee de geheugenfunctie haar intrede doet. Een volgende opvallende mijlpaal is dan de uitvinding en ontwikkeling van de boekdrukkunst met de daardoor geboden mogelijkheid van verspreiding van informatie over grote groepen. In dit historische beeld past de komst van de elektronische informatietechniek als een nieuwe stap op de ladder der voortgaande informatiebeheersing. Zo gezien past de ontwikkeling van de elektronische informatietechniek in een zich over de hele menselijke historie uitstrekkend evolutieproces.

Zien we nu terug op de reeds genoemde vroegere stappen in dit proces, dan moeten we vaststellen dat deze alle een wezenlijke en onmiskenbare bijdrage hebben geleverd aan de integratie van de menselijke samenleving. Dat de nieuwe informatietechniek deze potentie eveneens en in sterkere mate dan welke voorloper ook, in zich heeft, is buiten twijfel. Het is ook voor een ieder duidelijk dat de moderne informatietechniek deze functie vervult. Zonder de thans beschikbare communicatiesystemen zou het contact tussen de individuele mensen zowel als tussen de volkeren, zeer veel beperkter zijn dan thans als volstrekt gewoon wordt beschouwd. En zonder de thans beschikbare informatieverwerkende apparatuur zóuden we over vele zaken minder zekerheid hebben dan thans het geval is.

Na het voorgaande moet de conclusie zijn dat in retrospectie de grote historische en zo men wil prehistorische ontwikkelingen van de menselijke informatiebeheersing beoordeeld moeten worden als evenzovele monumenten van menselijke ontplooiingskracht. In dit licht gezien kan het totaalbeeld met betrekking tot de laatste evolutiestap niet anders dan positief uitvallen. Daarmee is echter natuurlijk niet alles gezegd. Er zijn tenminste twee grote probleemvelden. Het eerste betreft de *snelheid* waarmee de nieuwe techniek in de samenleving penetreert en het tweede betreft de *omvang* van de proliferatie in allerlei sectoren. De penetratie-snelheid is zo groot dat het niet ingewijde deel van de mensheid zich overvallen voelt door de nieuwe techniek en als gevolg daarvan deze als bedreigend ervaart. Terzake van het tweede punt: de ongebreidelde penetratie, rijzen er vragen welke gebruiksmogelijkheden van de nieuwe techniek als positief en welke als negatief beoordeeld moeten worden. Als voorbeeld: moet het gebruik van elektronica in wapensystemen onvoorwaardelijk als negatief worden beoordeeld? Of is dat soms wel zo en soms niet? Een vraag die bezwaarlijk rhetorisch genoemd kan worden in het licht van het feit dat modern wapentuig, ontdaan van alle elektronische bestanddelen, direct tot de status van schroot vervalt. Men kan zeggen dat het antwoord op dit type vragen niet te maken heeft met de gebruikte techniek, maar alleen met de daardoor gediende functie. Een dergelijke visie miskent de beslissende

kwalitatieve waarde van wat zich aan de oppervlakte slechts presenteert als schaalvergroting.

Het is niet de technische wetenschap die de antwoorden op dit type vragen kan aanreiken, noch ook het specifieke ethos van de dienaren van deze wetenschap. De samenleving als geheel zal hiermee klaar moeten komen. Zij zal daartoe wel op tijd geïnformeerd en geactiveerd moeten worden door hen die door hun vakkennis het voorterrein kunnen overzien.

Het moge waar zijn dat de technische wetenschapper zich gedurende de laatste tien jaren zijn maatschappelijke verantwoordelijkheid meer bewust is geworden, een maatschappelijke voortrekkersrol is hem niet op het lijf geschreven. Hij staat daar zelfs uitgesproken onwennig tegenover, want hij heeft zijn verleden niet mee. De achterstand kan niet op slag worden ingelopen. Waar moeten we beginnen? Het centrale punt is dat de in het verleden zo dikwijls gecultiveerde houding van maatschappelijke non-commitment blijvend moet worden verwisseld voor een houding van full-commitment. Op basis van deze nieuwe attitude zal een ethisch normenstelsel tot ontwikkeling dienen te komen dat zich manifesteert in een onderlinge sociale controle. Zo'n proces ontwikkelt zich niet vanzelf en het komt niet ineens. Het is echter defaitistisch om te beweren dat deze ontwikkeling niet mogelijk is wegens de vele individuele, aan groepen gebonden, en nationale belangen. De elektronische techniek is vanouds zeer sterk internationaal georiënteerd en deze omstandigheid bied een substraat voor een wereldwijde ontwikkeling in de bedoelde richting.

Het onderwijs in de technische wetenschappen op alle niveaus zal in de geschetste gerichte ontwikkeling naar een nieuwe attitude een beslissende bijdrage moeten leveren. Dat met name vele studenten in zich hierop richtende activiteiten bewust participeren geeft reden de toekomst niet zonder vertrouwen tegemoet te zien.

De in het voorgaande geschetste noodzakelijke houding van maatschappelijke betrokkenheid van de technici is één kant van de nieuwe constellatie. Een noodzakelijk complement dient geleverd te worden door de samenleving als geheel. Zij heeft, althans in de Europese cultuur, steeds de neiging gehad de technische ontwikkeling als toeschouwer gade te slaan. Het valt zeer te betreuren dat zij de ontwikkeling van het technisch kunnen niet wezenlijk als een culturele verworvenheid heeft ervaren. Het ontbreekt daardoor grote groepen van overigens hoogontwikkelde individuen aan zelfs maar elementair inzicht in de grondslagen van het technisch handelen. Wellicht ligt hier één der oorzaken van het gebrek aan maatschappelijke betrokkenheid van de technici in het verleden: zij werden immers nauwelijks erkend als cultuurdragers. Een radicale verandering van deze grondhouding zal zeker niet gemakkelijk tot stand komen, hoezeer zij ook voorwaarde is voor vooruitziende maatschappelijke besluitvorming terzake van door de techniek gedragen nieuwe ontwikkelingen. Ook hier rust een grote taak op het onderwijs, in dit geval het algemeen vormend onderwijs, dat hierop helaas weinig voorbereid lijkt.

Er is werk aan de winkel, zoveel is wel duidelijk. Is het zinvol deze ontboezemingen te uiten bij gelegenheid van het zestigjarig jubileum van een genootschap als het NERG? Gezien mijn bijdrage kan het u niet verbazen als ik deze vraag bevestigend beantwoord. Het NERG is een vereniging van beoefenaren van de elektronische wetenschap op hoog niveau. Het is 60 jaren lang een forum geweest voor het presenteren en bespreken van nieuwe resultaten op het gebied van het door ons behartigde stukje van de wetenschap. Dat stukje wetenschap heeft in die zestig jaren een immense betekenis gekregen voor de maatschappij. Het genootschap heeft steeds getoond oog te hebben voor op zijn weg liggende algemeen maatschappelijke taken, getuige zijn langjarige activiteit op het gebied van opleiding en examens. Nu de elektronica zich zo duidelijk profileert in de samenleving, ligt het zeker op de weg van het genootschap in bescheiden mate bij te dragen aan een verantwoorde meningsvorming ter zake van het gebruik van elektronische technieken en systemen. Met de toevoeging "in bescheiden mate" wil ik aangeven dat naar mijn mening het genootschap in de eerste plaats forum blijft voor de uitwisseling van wetenschappelijke resultaten. Niet alleen is dit het statutaire doel van het genootschap, het is ook de basis van de deskundigheid die nodig is om gezaghebbend bij te kunnen dragen tot de bovenbedoelde meningsvorming. Ik twijfel er niet aan dat het genootschap in het pas begonnen nieuwe decennium van zijn bestaan in staat zal blijken zijn grote waarde zowel voor zijn leden als voor de samenleving waarin het participeert, te bevestigen. Ik zie de toekomst van onze vereniging met vertrouwen tegemoet en ik wens haar het geheim van de eeuwige jeugd toe.

Onderschriften bij de foto's

Fig. 1. Zwevingstoongenerator Philips GM 2307.

Fig. 2. Oscilloscoop Philips GM 5653.

Fig. 3. Elektronische voltmeter Philips GM 6016.

Fig. 4. Meetversterker met nuldetector, General Radio 1231A.

Fig. 5. Een analoge computer, ontwikkeld door de Technisch Physische Dienst, Delft.

Fig. 6. Televisie-ontvanger Philips 21 TX 143A.

Fig. 7. Front van de bij Philips ontwikkelde PASCAL digitale computer.

Alle op de foto's getoonde apparaten maken deel uit van de Studieverzameling van de Afdeling der Elektrotechniek, Technische Hogeschool Delft.

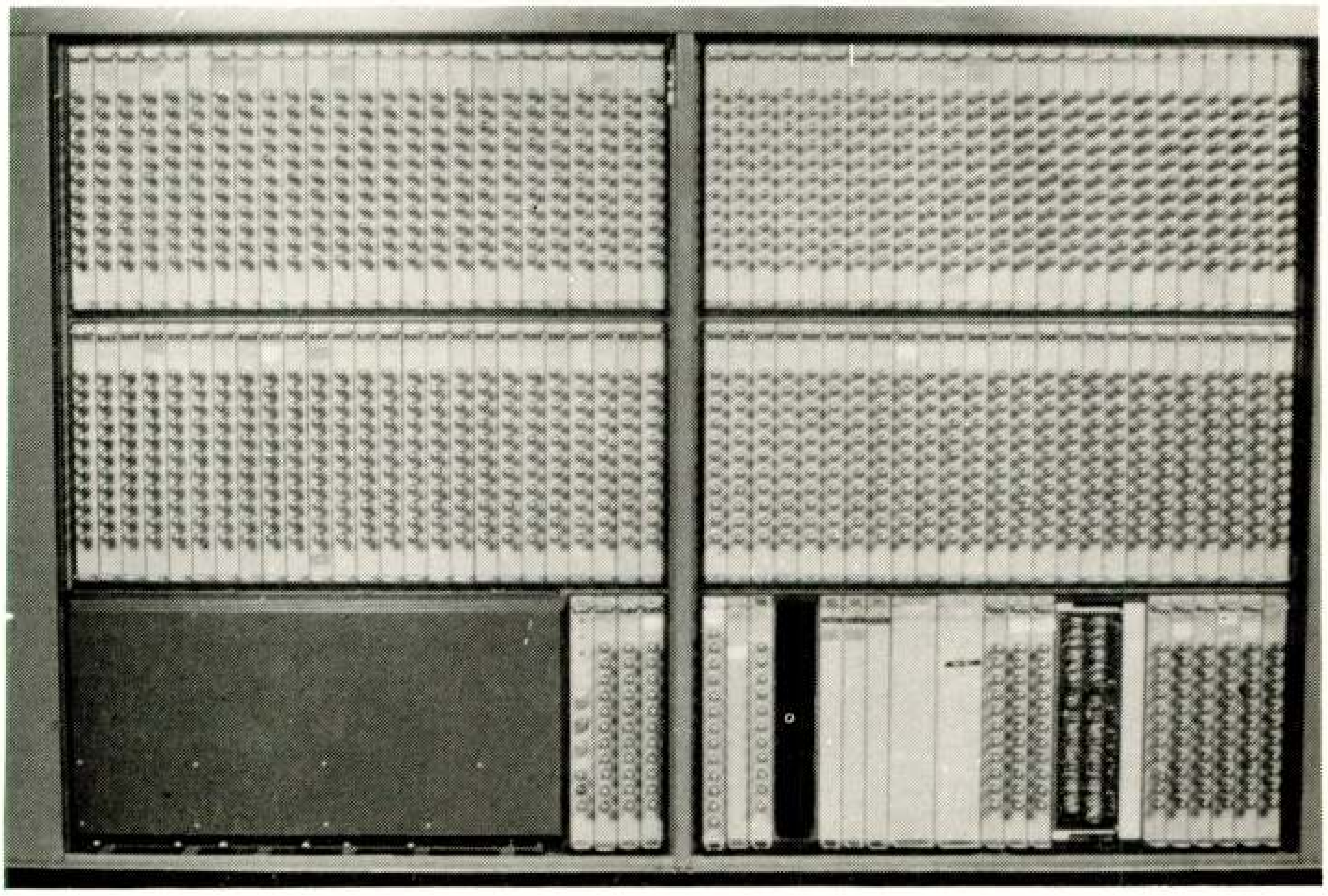


foto 7

Voordracht gehouden op 27 mei 1980 in de THE op de Jubileum-bijeenkomst "60 jaar NERG" (289ste werkvergadering) in samenwerking met de Benelux Sectie IEEE en de Sectie Telecommunicatietechniek KIvI.



Prof.Dr. F.L.H.M. Stumpers

HISTORISCHE ONTWIKKELINGEN IN DE RADIOWETENSCHAP

F.L.H.M. Stumpers
Philips Nat.Lab. (ret.), Univ. van Utrecht en Nijmegen

Historical developments in radio science. This survey is limited to developments of the last 25 years. It is in six parts: 1 Satellites for communications and science 2 Information Theory 3 Radio and television 4 Radio Astronomy 5 Electromagnetic compatibility 6 Miscellaneous and digital signal processing.

Hoewel dit onderwerp gekozen werd ter gelegenheid van het zestig jarig bestaan van het N.E.R.G. heeft het Bestuur mij gevraagd vooral de laatste 25 jaar in het oog te nemen. 25 Jaar geleden stonden tal van vooraanstaande geleerden, die de gehele ontwikkeling van het radio onderzoek hadden meegemaakt, nog in de frontlijn. Sir Edward Appleton, van 1936 tot 1954 voorzitter van de Internationale Wetenschappelijke Radio Unie, was kanselier van de Universiteit van Edinburgh. Balth van der Pol, die in 1917 met Fleming werkte in Londen, daarna tot 1919 met J.J. Thomsen in Cambridge, was van 1927 tot 1952 voorzitter van de commissie"Radio golven en schakelingen" en tot 1956 Directeur van het C.C.I.R.. Dellinger was leider van de Amerikaanse delegaties naar C.C.I.R. en U.R.S.I.. Lloyd Berkner werd vice president van U.R.S.I. in 1954 en president in 1957. Allen werden ze erepresident van U.R.S.I..

1. Satellieten voor communicatie en wetenschap

In October 1945 had Arthur V. Clarke, die later naam zou maken op het gebied van de "science fiction", en nu kanselier is van de universiteit van Sri Lanka, al op de mogelijkheden van satelliet communicatie en speciaal van syncrone satellieten gewezen (in "Wireless World"). In 1954 nam de U.R.S.I. een aanbeveling aan, om de wetenschappelijke mogelijkheden van satelliet communicatie verder te onderzoeken. Bij de plenaire vergadering van U.R.S.I. in Boulder 1957 kreeg men de indruk, dat het nog toekomstmuziek betrof. Groot was dan ook de verrassing, toen de U.S.S.R. op 4 October 1957 de eerste Sputnik in de baan bracht. Wel stond er tezelfdertijd een Vanguard satelliet klaar op Cape Canaveral, maar die woog 4 lb. tegen de russische satelliet 183 lb. Op 3 November zonden de russen Sputnik 2, een 1100 lb. satelliet, de ruimte in. Tot overmaat van ramp ging op 6 December 1957 de eerste Vanguard in vlammen op. De volgende Vanguards wogen 22 lb. Op 31 Januari 1958 lukte de lancering van de 31 lb. Explorer aan het team van Werner von Braun. President Eisenhower nam de beslissing het ruimteonderzoek in handen te leggen van de burgerlijke autoriteiten. Op 29 Juni 1958 tekende hij de National Aeronautic and Space Act. Von Braun, die zich met de Saturnus raket bezighield, ging in 1960 over naar NASA. Hoewel in 1959 nog 7 van de 17 lanceringen mislukten, ging in Augustus 1959 de volledig functionerende Explorer VI de ruimte in. Het lichtere gewicht werd gecompenseerd door het gebruik van microelectronica. Het programma "Minuteman" leidde tot een opdracht voor 4000 schakelingen per maand aan Texas Instruments. Op 12 April 1961 ging Yuri Gagarin als eerste mens de ruimte in. Op 25 mei 1961 kwam de boodschap van president Kennedy met het plan om voor, er tien jaar zouden zijn verlopen, een man op de maan te zetten. Op 20 Februari 1962 draaide J.H. Glenn driemaal om de aarde. Op 21 December 1968 kwam Apollo 8 als eerste bemande ruimteschip in een baan om de maan. Op 20 Juli 1969 gaf de bemanning van de Apollo 11 de historische boodschap "The eagle has landed" en om 10.56 eastern standard time zagen millioenen televisiekijkers op de hele wereld Neil A. Armstrong de eerste stappen op de maan doen. Het 23.5 milliard dollar Apollo programma duurde 11½ jaar en landde 12 mensen op de maan. De Apollo 13 moest na een breuk van een zuurstoftank terugkeren, maar bracht zijn bemanning goed terug. Toch hadden zowel de russische als de amerikaanse ruimtevaart enkele doden te betreuren.

De Amerikanen brachten 840 lb. maangesteente mee terug. Belangrijker nog waren de resultaten voor wetenschap, communicatie, omroep, meteorologie en aardse hulpbronnen. Echo 1 was

de eerste passieve communicatie satelliet, gelanceerd 12 Augustus 1960. De eerste actieve communicatie satelliet Courrier 1, volgde op 10 October 1960. Telstar was de eerste satelliet die televisieprogramma's kon relayeren, evenals Relay 1 in 1962. Telstar 2 volgde in Mei 1963, en zond evenals zijn voorganger 2,25 Watt met een lopende golfbuis naar het aardstation. In 1963 besloot de regering van de V.S. de Comm. Sat. Corporation te stichten ten behoeve van de communicatie, in Augustus 1964 gevolgd door het Internationale Satelliet Consortium Intelsat, waartoe elf landen behoorden, een aantal, dat zich in 1978 tot 124 had uitgebreid. In Augustus 1965 werd Intelsat 1 of Early Bird gelanceerd, die vier jaar in bedrijf bleef. In 1969 volgden Intelsat 2 en 3 resp. voor de Atlantische en de Stille Oceaan. Wetenschappelijk bracht de Explorer 1 al een succes door de van Allen ring in de magnetosfeer in kaart te brengen. Het eerste zonnelaboratorium OSA 1 kwam in Maart 1962 in de baan, gevolgd door het geophysisch laboratorium OGO 1 in September 1964. In dat jaar vlogen er al zo'n 400 voorwerpen in banen om de aarde, en een grote radar installatie was nodig om de administratie daarvan bij te houden. Begin 1970 waren er twee "domestic satellites", systemen voor interne verbindingen in Noord-Amerika, de Anik van Telesat Canada en Westar van Western Union. Spoedig volgde RCA met Satcom. Zes Intelsat satellieten waren rond 1975 beschikbaar voor Transatlantisch verkeer.

Het wetenschappelijk onderzoek van de ruimte kwam in handen van een Committee for Space Research, Cospar, waaraan ook U.R.S.I. meewerkte. Europa kreeg zijn eigen ruimte onderzoek centrum in de European Space Agency. Voorlopig moesten de Amerikanen de satellieten lanceren, zoals Esro 1 en 2, Heos 1, die een bariumwolk losliet in de magnetosfeer, Heos 2 en Esro 4, die electronen, protonen en alpha deeltjes en de zonnewind maten, en metingen in het ultraviolet en het Röntgenspectrum verrichtten. Cos B mat de buitenaardse gamma straling. Cos B lette ook speciaal op pulsars. Geos 1 en 2 hielden zich bezig met de zonne-aardse relaties, de magnetosfeer, velden, golven en deeltjes.

Naast de Verenigde Staten en Canada kreeg Indonesië een satelliet voor interne communicatie omstreeks 1975. Schepen kregen satelliet verbindingen voor navigatie en communicatie doeleinden in Marisat. De internationale civiele maritieme dienst gaat verzorgd worden door Inmarsat met satellieten van de typen Intelsat 5 en Marecs. Met een amerikaans systeem van 24 satellieten denkt men overal een positie nauwkeurigheid van 10 meter te bereiken.

Televisie omroep eist, wanneer men op aarde met een 1 meter antenne uit wil komen, een zendvermogen van 20 tot 450 Watt, afhankelijk van frequentie, statistieken van droppelgrootte en regenval in het doelgebied. ATS heeft dit gedemonstreerd in de S-band, en Canadese en Japanse omroep satellieten in de K-band. De invoering van geavanceerde digitale processoren heeft de kwaliteit van de overdracht aanmerkelijk verbeterd. Video conferentie per satelliet lijkt een aantrekkelijk alternatief te worden.

Met een verdeling over de synchrone baan van een satelliet per halve graad, wordt de volte van de 6/4 GHz band langzamerhand een probleem. De Sowjet-Unie, die eerst de Molniya satellieten in een excentrische baan bracht, heeft nu al 8 Statsionar satellieten, in totaal zijn er 93. In de 14/11 GHz band zijn 22 plaatsen bezet. Geen wonder, dat CCIR en WARC nu vragen dat satellieten hun plaats binnen $0,1^{\circ}$ behouden (onderlinge afstand ca. 70 km). De ontwikkelingslanden kregen gedaan, dat omstreeks 1984, de plaatsen op de geostationnaire baan opnieuw verdeeld en per land toegewezen zullen worden.

Zowel Marconi als Clarke dachten al aan overdracht van zonne energie per satelliet. Nu bestaat in Amerika een plan om 5 Gigawatt over te brengen op 2.45 GHz van een zendantenne met een diameter van 998.4 meter naar een ontvangantenne van 10 km diameter, bestaande uit 13 milliard elementen. Het maximale vermogen op aarde wordt 24.3 mW/cm^2.

In Juli 1969 werden met de Mars VI en VII satellieten beelden van Mars overgebracht met 16200 bit/sec, in 5 minuten. Enkele jaren tevoren had Mariner IV nog 8½ uur nodig gehad voor een beeld (8 1/3 bit per sec). Twee Voyager satellieten passeerden Jupiter van dichtbij en brachten spectaculaire photo's van de reusachtige planeet en de 14 manen ervan. Een van de Voyagers verloor één ontvanger en de reserve ontvanger had een sluiting in de condensator van de frequentievolgkring, zodat in plaats van een frequentie uitwijking van 100000 Hz slechts een frequentieuitwijking van

200 Hz gevolgd kan worden. Het gelukte de ingenieurs de zendfrequentie zo te variëren, dat men ondanks Doppler effect bij de ontvanger binnen deze nauwkeurigheid bleef. Aangezien juist de Voyager 2 verder moet naar Uranus, die hij in Augustus 1981 ontmoet een belangrijk resultaat. Voyager 1 begon Jupiter te bewaken op 6 Januari 1977 en beeindigde zijn ontmoeting op 13 April; Voyager 2 volgde op 25 april en eindigde op 28 Augustus 1979. Zeven actieve vulkanen werden waargenomen op Io, en ook een ring rond Jupiter van 30 km doorsnee. Na zes jaar vloog Pioneer 11 langs Saturnus. De 500 lb.satelliet had radioisotope thermoelectrische generatoren, die ongeveer 120 Watt produceerden. Gelanceerd op 6 April 1973 vloog de satelliet 5.8 milliard km, om Saturnus tot op 20800 km te benaderen. Pioneer 11 kwam veilig tussen de buitenste ringen door, ondanks enkele meteoroïde inslagen. Behalve fraaie photo's werd het magneetveld waargenomen, 0.2 gauss, 1000x sterker dan de aarde, 20x zwakker dan Jupiter. Pioneer 11 verlaat ons zonnestelsel nu, maar blijft tot ver in de 80er jaren berichten overbrengen. Met een andere Pioneer en een netwerk van 4 interferometers in Chili, Guam, Californië, en Australië mat men op Venus oppervlakte winden van 1 à 2 m/sec, stijgend tot 50 à 60 m/sec op 40 km en 100 m/sec op 60 km hoogte. Oppervlaktetemperatuur 455°C. De atmosfeer is 99% CO_2, maar water, zwavel en zuurstof reacties, 50 km boven het oppervlak, beïnvloeden de wolkenformatie. De Lander en Orbiter satellieten namen vorst lagen waar in de Mars winter en cyclonen in zomer en winter.

2. Informatietheorie

De informatietheorie in 1948 door Shannon gepubliceerd, leek nieuwe mogelijkheden voor telecommunicatie te openen, en in 1952 stelde van der Pol een speciale vraag aan de CCIR naar de mate waarin men de resultaten van deze theorie in de praktijk zou kunnen benutten. Het heeft een hele tijd geduurd, voor men daarop een behoorlijk antwoord kon geven. De satelliet communicatie bracht toestanden, die het best door de theorie benaderd werden. Bij de Mars satellieten gebruikte men een blok code, een bi-orthogonale code van Reed-Muller, 6 data digits met toevoeging van 26 berekende digits. Bij Pioneer 9 en Lunar Orbiter 5 werd een systematische convolutiecode gebruikt over een lengte van 25 bits met twee bits output per bit input, 612 bit/sec. Nadat Forney in 1966 ineengeschakelde codes ("concatenated codes") had voorgesteld en Viterbi een systematische correctie procedure voor convolutie had bedacht, kwamen er toepassingen, bijv. van zelf-orthogonale convolutie codes in een Reed-Solomon code in een Intelsat satelliet met correlatie lengtes van 80 of 312 symbolen. Voor Fleetsat, het navigatie en communicatie systeem van de amerikaanse vloot gebruikt men convolutie codes en zachte beslissings Viterbi decodering. Al sinds Shannon is de cryptographie een legitiem onderdeel van de informatietheorie, maar Diffie en Hellman hebben in een baanbrekend artikel in 1976 nieuwe wegen gewezen.

De zeer kostbare toepassingen van computers hebben geleid tot hernieuwde belangstelling voor computers, die hun eigen fouten kunnen herstellen (meestal door reserve onderdelen in te schakelen). Svoboda paste het idee al toe in 1954. JPL had een "selftesting and repairing computer" in 1969 (STAR).

3. Radio en televisie omroep

Tot het midden van de vijftiger jaren was amplitudemodulatie het verreweg meest gebruikte systeem in de geluidsomroep. Alleen het feit dat Duitsland op de golflengte conferentie van Kopenhagen zeer slecht bedeeld was, leidde er toe, dat men daar in 1952-53 frequentie modulatie ging invoeren, geleidelijk gevolgd door de rest van de wereld. Op 1 Juni 1962 werd fm stereo officieel in de Verenigde Staten toegelaten. De Europese Omroep Unie probeerde verschillende systemen, maar koos tenslotte ook voor het systeem met onderdrukte 38 KHz hulpdraaggolf en 19 KHz piloot toon. De C.C.I.R. beval in 1966 zowel dit systeem als een in Oost-Europa ingevoerd polair modulatie systeem met gedeeltelijk onderdrukte draaggolf aan. Een tijd lang heeft men gezocht naar een compatibel enkel zijband systeem, dat op een normale am ontvanger hetzelfde resultaat geeft als een dubbelzijband uitzending. De combinatie van amplitude en phasemodulatie, die nodig is om de ene zijband te onderdrukken bleek gevoeliger voor fading dan de normale am radio, wat zo'n systeem voor de E.B.U. onaanvaardbaar maakte. Ook enkelzijband met onderdrukte draaggolf werd gedemonstreerd, maar de vrees, dat een

aantal zenders, die bij een geleidelijke invoering van enkelzijband het eerst aan de beurt zouden komen, tijdelijk een deel van hun gehoor en hun advertentie inkomsten kwijt zouden raken, heeft zo'n grote verandering tegen gehouden. In het verkeer gaat radio een belangrijker rol spelen. De BBC overwoog om één frequentie in het lage middengolfgebied in het hele land voor verkeersinformatie te gebruiken. Een klein hulpapparaat zou de ontvanger automatisch inschakelen, zodra op deze frequentie gezonden wordt (carfax).

De duitse omroep wil een locale fm zender voor hetzelfde doel gebruiken. Een geschikte ontvanger zou automatisch overschakelen, zodra de fm zender, die men tot dusver had, onvoldoende signaal geeft. Een ander systeem, dat in Ruhrgebied geprobeerd werd, laat de automobilist het bij zijn bestemming behorende getal indrukken op een kleine computer. Bij iedere belangrijke kruising krijgt hij te horen, welke weg en welke richting hij voorlopig moet volgen, en evt. weer- en verkeerscondities. Zodra hij het gebied, waar binnen de experimenten gedaan worden, verlaat, hoort hij dat ook. De WARC van 1979 gaf aan de am omroep extra ruimte tot 1705 KHz, en aan de fm omroep van 88 tot 108 MHz. Er moet nog wel een verdelingsconferentie volgen. In 1950 waren er nog 50 landen zonder radio omroep, in 1960 nog 12, in 1973 nog 3. Men denkt, dat er nu een milliard radioontvangers bij het publiek zijn.

De televisie was rond 1955 in verschillende landen van Europa nog in het experimentele stadium. De kroning van koningin Elisabeth in 1953, die tegelijk "life" in Engeland, Frankrijk, België, Nederland en West-Duitsland gevolgd kon worden was een voorloper van Eurovisie. In de Verenigde Staten kwam een Nationaal Comité voor een kleurentelevisie Standaard, NTSC, in 1953 tot overeenstemming over een compatibel systeem. In Europa werden in het begin van de zestiger jaren vergelijkende proeven gedaan tussen het NTSC systeem, het SECAM systeem (H. de France) en het PAL systeem (W. Bruch). Nadat in 1966 een laatste poging was gedaan om tot één standaard te komen, besloot men de verdeeldheid te bevestigen. Vele landen van West-Europa kozen PAL, maar Frankrijk en het Oostblok gaven SECAM de voorkeur. In 1954 werd Eurovisie ingevoerd, in 1958 één nieuwsprogramma per dag en sinds 1974 drie. De uitwisseling met Amerika gaf eerst wat moeilijkheden wegens het verschil tussen 30 en 25 frames per seconde. Dat probleem werd in 1969 opgelost. Sinds 1970 werden in Engeland proeven gedaan om tekst informatie via de onderdrukte lijnen over te brengen. Men werd het tenslotte eens over regels voor teletext en viewdata. Teletext heeft meer het karakter van een tijdschrift en viewdata dat van een telefonische vraagbaak. Ook overweegt men ondertiteling voor gehoorgestoorden op analoge wijze.

4. Radioastronomie

In 1951 was ongeveer gelijktijdig in de Verenigde Staten, Nederland en Australië het vermoeden van van de Hulst bevestigd, dat de lijnstraling van atomaire waterstof op 1420 MHz gemeten zou kunnen worden. In Nederland leidde dit al snel tot een kaart van ons Melkwegstelsel, hoewel we nog slechts over een Würzburg 3m parabool beschikten. In 1956 wijdde de koningin de 25 meter parabool van Dwingeloo in, terwijl reeds spoedig het idee opkwam een interferometer te bouwen. Tenslotte werden het twaalf 25m parabolen op een oost--westlijn. Door de draaiing van de aarde krijgt het instrument ten opzichte van het waargenomen object tevens een noord zuid dimensie ("apertuur synthese"). De basislengte van 1500 meter wordt juist deze maand uitgebreid tot 3 km door twee extra parabolen.

De tijd van 1960 tot 1970 was een gouden tijd voor de radioastronomie. Men vond de straling van vele andere lijnbronnen, zoals OH en H_2CO. Veelal werd maser straling gevonden. Deuterium werd lang gezocht, maar tenslotte als DCN gevonden.

De Westerberk telescoop is een krachtig instrument voor het waarnemen van zwakke nabije melkwegstelsels. Men ziet soms sterrestelsels als een soort vuurwerk door de ruimte vliegen, als een bron, die brede staarten achterlaat (NGC 1265 in het sterrebeeld Perseus). Ook werden zeer grote radio melkweg stelsels gevonden, over meer dan 16 millioen lichtjaren uitgestrekt, waarbij de centrale bron enorme hoeveelheden energie levert.

De ontdekking van quasi sterachtige objecten, quasars, in 1963, misschien melkwegstelsels met een uitzonderlijk kleine diameter, waarvan Schmidt vond, dat ze samenvielen met zwakke blauwachtige objecten in de optische astronomie, met een grote roodverschuiving.

In 1965 vonden Penzias en Wilson de cosmische achtergrondstraling met een 7 cm maser ontvanger, thermische straling van ca. $3^{O}K$, vermoedelijk afkomstig van de hete gecondenseerde phase van ca. tien milliard jaar geleden.

Hewish en Bell vonden in 1967 zwakke, regelmatige pulsen (ze zochten eigenlijk naar intensiteitsfluctuaties als gevolg van strooiing door het interstellaire plasma). Vermoedelijk zijn dit neutronensterren, met een zonnemassa samengeperst in een bol met straal 10 km. Zowel bij quasars als bij pulsars denkt men aan gravitatie invloeden, geassocieerd met zwarte gaten.

Sinds ca. twaalf jaar probeert men sterrewachten tegelijk naar eenzelfde object te laten kijken, en zo een zeer lange basislijn te krijgen, bijv. van Californië tot Zweden of de Krim. Nauwkeurige gelijktijdigheid gecontroleerd door caesium of waterstof lasers is nodig. Ook Nederland doet hieraan mee.

Sinds men met satellieten ook buiten het optische spectrum kan meten, wordt correlatie tussen Röntgen, gammastraal of ultraviolette bronnen en hun radiostraling gemeten.

5. Electromagnetische compatibiliteit

Pas in 1955 werd men het in het Internationale Speciale Comité voor de Radiostoringen eens over storingsmeetapparatuur, eerst in het oude am omroep gebied, later in het gehele gebied van 10 KHz tot 1000 MHz. Meestal beveelt het C.I.S.P.R. de zgn. quasi-piek meter aan, maar er zijn ook aanbevelingen voor gemiddelde en piek meters. De aanbeveling voor het meten van ontstekingsstoringen bij motorvoertuigen laat de keuze tussen piek- en quasi-piekmeting aan de gebruiker. Deze aanbeveling en de erbijbehorende limieten werd het eerst een internationale wet (ca. 1967). De aanbevelingen voor meetmethoden en limieten voor huishoudelijke apparaten, draagbare werktuigen en soortgelijke apparatuur, en voor fluorescerende buizen en hun houders, voor zowel ze met starter schakelingen werken, zijn beide overgenomen door de Europese Economische Gemeenschap als algemene richtlijn ("Directive"), waar de nationale wetten mee moeten gaan corresponderen. Soortgelijke aanbevelingen voor radio- en televisie-toestellen, en voor industriële, medische en wetenschappelijke apparatuur, die voor zijn goede werking radiofrequente straling nodig hebben, zijn opgehouden, omdat men vreesde, dat de aeronautische banden in de nabijheid van vliegterreinen door deze limieten onvoldoende beschermd worden. Hoewel het nauwelijks gerechtvaardigd kan heten een algemene regeling bij zulke speciale doeleinden aan te passen, heeft C.I.S.P.R. al een verbeterd voorstel klaar voor industriële, wetenschappelijke en medische apparatuur. De gevoeligheid van toestellen (radio- en televisie-toestellen, maar ook microprocessoren en computers) voor electromagnetische storingen is nog steeds een actueel punt van onderzoek. Ook krijgt men meer aandacht voor de werking van electromagnetische straling op biologisch materiaal, o.a. in EMC symposia en U.R.S.I.

6. Diversen Digitale Signaalverwerking

De digitale data verwerking heeft geleid tot tal van ontwikkelingen in radar- en navigatie systemen, in sonar, en bij landing op instrumenten. Men denke aan chirp-radar (brede band signalen, die tot een smalle band gecomprimeerd worden), aan phased-array antenne systemen, aan"side-looking" radar.

Op propagatie gebied worden verstrooiingen door onregelmatige structuren te land of in de atmosfeer of door individuele electronen in de ionosfeer nog steeds bestudeerd. De laagfrequente "whistler" en "chorus" storingen worden sinds 1954 begrepen. Plasma resonanties, bewegende storingen, acoustische zwaartegolven ("acoustic gravity waves") worden nog steeds onderzocht. De Internationale Wetenschappelijke Radio Unie heeft voor dit doel drie commissies, nl. F: de Troposfeer, G: de Ionosfeer, H: Golven in Plasma's.

Vorig jaar September herdacht de Internationale Wetenschappelijke Radio Unie haar zestig jarig bestaan als Unie met een symposium in Brussel, het C.C.I.R. herdacht zijn 50 jarig bestaan in Genève. De Proceedings van het U.R.S.I. Symposium, en de speciale nummers van het I.T.U. Telecommunication Journal van Juni en Juli 1979 geven naar aanleiding van deze jubilea een overzicht van het werkterrein van deze organisaties. Ook het tijdschrift "Electronics" herdacht op 17 April 1980 zijn vijftig jarig bestaan met een herdenkingsnummer. In deze rij treedt nu het zestigjarig N.E.R.G.. Wij wensen het een succesvolle toekomst.



Prof.C.Freeman

THE DIFFUSION OF ELECTRONIC TECHNOLOGY IN THE ECONOMIC SYSTEM

Prof. C. Freeman
Science Policy Research Unit
University of Sussex

This paper discusses the reciprocal relationship between electronic technology and the economic and social system. It accepts that some revolutionary advances in science and technology cannot be ascribed simply to changes in demand or to other economic pressures. However, the assimilation of a revolutionary new technology such as microelectronics into an economic system with a complex structure and considerable inertia cannot occur without dislocation and conflict. The rate of acceptance will vary between different applications depending both on relative cost and profitability, as well as on technical performance and wider social factors. Moreoever, the diffusion process itself will lead to many modifications of the new technology. It is argued that structural crises of adjustment may well accompany the assimilation of this technology on the lines which Schumpeter suggested.

In the case of those technologies, such as microelectronics, which have very widespread potential applications throughout the entire economic system, availability of both human capital (skills) and investment capital (finance) may limit some of the applications for a considerable time. In the case of electronics this may be particularly in offices and the tertiary sector generally. These barriers may be reinforced by other social and institutional factors. Consequently the major applications in the climate prevailing in the 1980s may be of a rationalising labour-saving variety, although there is great long-term potential for new job generation as well.

I. INTRODUCTION

The interaction between science and technology and between both of these and the economic system have been the subject of heated controversy for centuries. At one pole is the view embodied in the proverb "Necessity is the mother of invention" and in a slightly more sophisticated form in contemporary economic theories of "demand-led" invention and technology (Schmookler, 1966). At the opposite extreme are those theories which ascribe to science the dynamic impulse which led to the industrial revolution itself and to the major changes in technology which have transformed the economic system over the last two centuries.

Most historians of science and technology would probably not subscribe to either extreme view but would emphasise the interactions between the demands of the economy and the autonomous "internal" development of science. Nevertheless there has recently been a resurgence of "demand-led" as opposed to "science-led" theories, or at least of theories which put the main emphasis on demand. This tendency has recently been heavily (and in my view justifiably) criticised by Mowery and Rosenberg (1979). One of the purposes of this paper is to redress this balance in the case of the electronics industry.

There is in my view no way in which the fundamental work of Maxwell or the discovery of the electron could be ascribed in any significant sense to economic pressures of "demand" or even "need". Whilst Hessen and other neo-Marxists have made a plausible attempt to relate the development of Newtonian physics to the "needs" of nascent industrial capitalism (Bukharin, 1931), I have seen no comparable piece of work relating to the early development of particle physics.

Not only are new developments in science often only remotely related to changes in the economy; new patterns of demand are also often unforeseen. The development of broadcasting involving millions of listeners (or viewers) was not foreseen by Marconi or other early pioneers of radio. They were thinking mainly in terms of point to point or ship-to-shore communication. Similarly the scale and nature of the application of electronic computers was largely unforeseen in the early days of the computer industry, especially by IBM. The same is true of more recent developments in electronics such as the laser. They were the result of a complex interaction between unforeseen results of scientific discoveries and technical developments, new social and economic trends, military and commercial requirements, and entrepreneurial and inventive vision in matching new sience, new technology and new economic possibilities.

In the final section of this paper I shall return to the question of a satisfactory form of representation of this interaction between science, technology and the economy and the relevance of Schumpeter's (1942) later

work to this problem. At the outset I only wish to make clear that this paper is not purely economic in its approach. It would be very convenient for economic theory and policy if the assimilation of science and technology into the economic system could either be ignored altogether or reduced to a gradual continuous response to the steady changes in growth and composition of demand. Much economic theory and policy-making proceeds on this assumption either explicitly or implicitly, when it does not neglect technical change completely.

The assumption of a steady process of short-term improvement and adaptation of products and processes in response to growth of demand is a reasonable first approximation for many sorts of technical change. It is very tempting for economists to confine themselves to these marginal changes and ignore the more fundamental long-term disturbances and shocks to the system. However this sort of reductionism can be dangerously misleading since it abstracts altogether from structural changes in the system and new types of technology. It is surpassed only by the approach of some physicists whose reductionism extends to the whole of biology as well as all the social sciences.

II. THE GROWTH OF THE ELECTRONICS INDUSTRY

The electronic industry has been the fastest growing industry of this century and there can be little doubt that this growth has been possible primarily because of its technical dynamism. It owes its name and its very existence to discoveries in fundamental science and none of its products even existed before 1900. From its inception it has relied on the systematic use of the results of organised scientific research and experimental development, whether conducted in industrial, university or government laboratories and the interactions between fundamental science and technological development have remained close. In an original piece of citation analysis Lieberman (1977) has shown that technologists in the electronics industry were as up-to-date in their citation of fundamental physics papers as academic physicists themselves. It is the archetypal research-intensive industry since its rise coincided with the professionalisation of R and D activities and the rise of the "in-house" industrial R and D laboratory, which is the most important organisational change in the structure of 20th Century industry.

In the first half of this century the impact of electronics was mainly on communications and navigation and the principal products were for radio and radar. In the second half of the century, whilst these and television continue to be extremely important, the main growth area is in computers, control systems and information systems. The range of potential applications is enormous and it has rightly been said that it is hard to find an industry or an occupation which will not be affected by microelectronics during the last two decades of this century. In all areas the range of technically feasible and economically viable applications has been continuously extended by dramatic and truly revolutionary advances in the design and manufacture of the active components which characterise the industry.

It is this range of impact which has given rise to the widespread public debate on microelectronics and which justifies comparisons with the industrial revolution itself. For if we compare the electronics industry with the other main growth industries, we find that it alone has high growth prospects stretching far ahead, whilst all others have shown signs of faltering or even decline. The fastest growing industries have been aircraft, vehicles, plastics, oil, petro-chemicals, drugs and nuclear power. But of these only drugs has been able to sustain the very high growth rates achieved in the early post-war period into the new economic climate of the 70s and 80s and there are question-marks about its future. The scientific instrument industry has also been able to maintain a high growth rate but this is now very largely based on electronics.

Electronics should be considered not just as one branch of manufacturing employing rather fewer people than the car industry but rather more than the pottery industry, but also as a technology which will penetrate and transform all other branches of the economy. In this respect it resembles steam power or electric power and as in the case of these technologies its diffusion is characterised by successive waves of application. Steam power was applied first largely in the mines, later in textiles and other branches of manufacturing and finally through the railway system in transport.

Technical change in the component industry has been central to the new waves of application. The first stage of application of electronic technology in communications was based on valve technology with all its technical and economic limitations. The second was based on semiconductor technology and integrated circuits culminating in LSI. This has vastly extended the range. The third stage using VLSI may link up major infra-structural investments in communications and information systems with numerous local factory, office and domestic installations and systems. If we wish to consider the economic effect of electronics we cannot just think in terms of the growth of a particular group of products or sector of manufacturing even though this must be our starting point.

It is this very diversity and range of application which makes it so hard to foresee the nature of the

diffusion process and to measure with any precision the social effects, such as, for example, the employment effects. Nevertheless it is desirable to attempt to foresee such effects for many reasons to do with economic policy, as well as education and other social policies. Both industry and government are interested in the future trends and so too, of course, is the public at large. The anxieties which have been expressed about future employment prospects are one reflection of this widespread public interest.

This paper attempts to discuss in particular one aspect of the diffusion of electronic technology - the impact on employment. But before embarking on this discussion it is desirable to clarify one important aspect of the approach. According to some participants in the debate on employment it is not actually necessary to examine any specific technology at all. Satisfactory generalisations can supposedly be made about the behaviour of the system simply by examining aggregate trends in demand, investment and so forth. According to some proponents of this view essentially there is no problem of employment in relation to technical change since the management of aggregate demand can always cope with local changes in any particular occupation or industry. There will always be some frictional unemployment as people move between jobs but there is no problem of "structural" or "technological" unemployment.

As has already been indicated, the view taken here is that such an approach abstracts too much from the specific concrete circumstances of economic and technical change. It is certainly necessary to attempt generalisations about the behaviour of the system but it is constantly necessary to test such generalisations in the light of the rapidly changing circumstances of the real world. It cannot simply be assumed a priori that the equilibrating tendencies of the labour market and/or the Keynesian demand management techniques which may have been effective in the 1950s or 1960s will continue to be effective in the 1980s. We know from economic history that over the past 200 years there have been very big swings in the strength of demand for labour and these may well have been associated with the structural changes arising from new technology. The diffusion of a major new technology is a long-term phenomenon involving widespread changes in the capital stock and in the human skills associated with that transformation of the capital stock. It is likely that it will also involve major changes in the international division of labour and patterns of international trade. It would be astonishing if all these changes could be carried through without some social dislocations and it is at least a possibility that structural crises of adjustment may be a phenomenon associated with this process.

III. THE DIFFUSION OF ELECTRONIC TECHNOLOGY IN THE ECONOMIC SYSTEM AS A WHOLE

It was Joseph Schumpeter (1939) who first suggested that the introduction of one or several major new technologies into the economic system might be responsible for successive long "waves" of expansion. He identified three such waves: the first associated with the application of steam power in the textile industries in Britain, the second associated with the construction of railways and associated equipment and the third associated with electric power and the internal combustion engine.

Like steam power electronics has affected the economy in successive waves of application. The first phase before the second world war affected mainly radio communications. Like the application of steam power in mining it was extremely important in the development of the technology but not sufficiently great in the breadth of its economic impact to satisfy the Kuznets' criterion for a long-wave technology (Kuznets, 1940). In the postwar period I would argue that (in combination with other technical changes) it has satisfied that criterion. Nevertheless I shall argue that its greatest impact is yet to come in the tertiary sector of the economy.

With the exception of Schumpeter most economists who have concerned themselves with the diffusion of technical innovations have done so at the level of the individual product or process rather than that of a technology affecting many products, processes and branches of the economy. Indeed before the 1960s the economics literature on diffusion of innovation was very sparse indeed. Rogers (1962) could find only one study of industrial diffusion. This neglect of the specifics of technical change was in keeping with the general approach of much theoretical and applied economic analysis which has been criticised above.

However, during the 1960s and 1970s there has been a substantial improvement and there are now dozens of empirical studies. The most substantial work which attempts to generalise from the findings of a number of case studies is that of Mansfield (1961, 1968) in the United States and the joint studies of several European applied economic research institutes (Ray and Nabseth, 1974). Whereas the earlier largely sociological work on diffusion of innovation placed the main emphasis on the social characteristics of potential adopters, the economics literature, especially Mansfield, has emphasised largely the economic determinants of diffusion: relative cost and profitability, and threshold scale of investment factors.

Nowhere are these considerations more relevant than in relation to electronic technology. The early pioneers of automation were able to foresee most of the contemporary applications of electronics in factory and office.

But since their starting point was scientific and technical they did not pay sufficient attention to the specific social and economic characteristics of the diffusion process. Consequently they greatly overestimated the speed of diffusion of automation and its social consequences. They were not wrong about the technical potential but they failed to relate this analysis to the economic and social factors which are more systematically considered in the diffusion literature of economics and sociology. Computers were too expensive and unreliable in the 1950s and skills were too scarce.

The reduction in costs of computing as a result of the microprocessor revolution removes many of the barriers to diffusion of computerised automation in factory and office, especially as it has been accompanied by great improvements in technical performance. Consequently there are good reasons to expect that many of the expectations of the pioneers of automation in the 1950s will be fulfilled in the 1980s and 1990s. However, the complexity of the issues involved must give us pause and requires us to attempt to disentangle further the various social, economic and technical aspects of the problem.

The European literature has placed greater emphasis on social factors, such as management attitudes, in the explanation of international differences, and the two traditions (sociological and economic) may be considered as complementary rather than mutually exclusive. Mansfield's model could explain why Process A could be expected to diffuse much more rapidly than Process B (because it is far more profitable and has a lower initial investment cost). Rogers' model could explain which within a given population of adopters might be expected to be early, average or late adopters, and how their behaviour might be influenced by various change agents.

Both research traditions have achieved useful results but both reflect the narrowness of single discipline approaches. If we try to bring their results together then we may postulate that the following are among the principal determinants of the rate of diffusion of technical innovations:-

(1) Relative cost and profitability compared with products or processes with which the new product is in competition (if any).
(2) Threshold factors affecting scale of investment.
(3) Technical performance and reliability.
(4) The power and influence of change agents promoting diffusion (including both economic and political power and more subtle factors such as status, prestige etc. of "opinion leaders").
(5) Environmental acceptability in terms of ecological and safety factors.
(6) Technical competence, attitudes and prejudices of the potential adopter population.
(7) Availability of necessary skills and equipment for the potential adopter population.
(8) Possible legal or other institutional barriers, accelerators or retardants.

On these criteria I have argued elsewhere (Freeman, 1979) that microelectronic technology is likely to diffuse extremely rapidly whereas the prospects for nuclear power appear far less favourable. I see no reason to revise this opinion, rather the opposite. However, it is obviously necessary to look at the problem of diffusion in much greater depth. Our problem is to go beyond the diffusion of the single product or process to the diffusion of a technology. It is not possible to look at every single potential application in detail as they are too numerous and each single diffusion case study would be time consuming. We must therefore attempt to classify the various potential applications into major categories and it may then be possible to focus more clearly on the critical problems and to identify some major trends in the diffusion process as a whole.

However, it would be wrong to claim too much for such attempts. Rosenberg (1978) is another iconoclastic contribution to the theory of innovation has warned against the dangers of oversimplified schematic approaches to the study of diffusion. He has pointed out that much of the literature assumes the diffusion of a substantially unchanged product through a relatively passive adopter population, whereas what really happens is that the product is usually modified as a result of adopter actions or reactions, and that the way it is made will probably also change. Thus, invention, innovation and diffusion are not an orderly sequence but a confused disorderly set of reciprocal interactions. As a result of changes in the product or process, new classes of potential adopters must be taken into account who were not previously considered, and so forth.

Let us now attempt to examine the diffusion process of microelectronics in a way which might help us to understand the long-term impact of the technology, especially with respect to employment. We consider first of all the impact within the electronics industry itself, secondly the impact on the manufacturing sector, and finally the impact on the tertiary or service sector. It must be emphasised that part of this must be speculative since the necessary data is still lacking.

The electronics industry itself has long been accustomed to rapid technical change in components and circuits. Successive new designs of products have followed in the wake of new generations of components. The cost advantages have been so great and the competitive pressures so strong that it is difficult to be a "laggard" in the diffusion process and stay in business for long. Reductions in the price of components have been

in orders of magnitude rather than a few percentage points and this creates an extremely powerful incentive to rapid adoption of microelectronic technology, especially when it is accompanied by improved technical reliability. Virtually every one of the eight factors listed above has favoured rapid diffusion. The electronics industry is just about the only one which has seen any price reductions in the 1970s, and here it is important to note a difference in pricing strategy between the electronics industry and another R and D-intensive industry - the drug industry. Whereas the drug companies have generally followed a policy of high prices during the lifetime of patents, electronic companies and especially component manufacturers have rather attempted to maximise profits by substantial price reductions in order to enlarge markets and achieve high sales volume (Sciberras, 1977).

Management attitudes have favoured rapid adoption and the skills have generally been available within the electronic companies to use the new technology. Only with respect to investment thresholds have there been some problems, although not serious ones. The component companies have been able to generate funds to cover the much higher capital costs and the R and D costs for LSI and VLSI but the barriers to entry are now substantial and there have been some temporary shortages of chips.

As a result of its technical dynamism and pricing strategy the electronic industry has been able to extend its product range at the expense of slower-moving sectors of industry. There are some products where it has proved possible to substitute electronics for most of the previously electro-mechanical components, such as watches, telephone equipment, cash registers, and calculators. Some of these, such as telephone equipment, were already often considered as part of the electronic industry, but the frontiers of the industry have certainly been pushed outwards.

Thus microelectronics has been adopted extremely rapidly within the electronics industry itself and this has been one of the major factors sustaining the extraordinarily high growth rate of the industry in the 1970s. But it is important to observe that whereas in the 1950s and 1960s the rapid expansion of output was accompanied by a large increase in the labour force, this is no longer the case. In the 1950s the electronic industry was the most labour-intensive of all, especially on the assembly side. This was of course the main reason for the heavy investment of electronic companies in low-labour cost locations in Asia and elsewhere. But in the 1970s, as a result of microelectronics, many sectors are becoming highly capital-intensive. Indeed very large increases in output and massive capital investment have sometimes been associated with reductions, rather than increases, in the labour force, as for example in the manufacture of telephone equipment and television sets. Where the industry has extended its product range there have also generally been labour displacing effects, although here the employment loss has been elsewhere - in the old electro-mechanical branches of production.

We thus have the paradox that many major firms in the electronics industry enjoying high rates of growth in output and profits and investing heavily do not expect to expand their employment and indeed there has been very little growth in manufacturing employment in the 1970s. Electronics is not unique in this respect. Manufacturing employment in general has stagnated or declined in almost all the mature industrial countries in the 1970s and there are several other major branches of manufacturing which have shown the same swing from employment-generating growth to jobless growth. But electronics is the most extreme case and it is of particular interest because it is probably the most advanced user of its own products for design and manufacture. Consequently it may foreshadow what can be expected as microelectronic technology diffuses into less dynamic sectors of manufacturing.

When we come to consider manufacturing as a whole it is clear that the process of diffusion of electronic technology is extremely uneven as between different sectors. For the sake of simplicity we may consider three main types:

(1) Industries involved in flow production where automation has already gone a fairly long way based to a considerable extent on earlier generations of electronic instruments, process control equipment and computers. Examples are the chemical, steel, glass and food industries, or at least large parts of these industries.

(2) Industries where automation is much more piecemeal and many processes are not yet automated. Individual machines may be very sophisticated and small clusters of machines may be linked together, as for example, CNC or DNC machine tools, but the production process as a whole is still fairly labour-intensive. Examples are most sectors of machinery vehicle and aircraft production.

(3) Industries where automation has appeared, but has made very little headway compared with traditional methods of production. Examples are furniture and clothing.

In all industries office automation must also be considered but since the principles are essentially the same in all sectors this is considered last of all.

Industries in the first category are affected by microelectronics but not to any great extent. It simply enables them to do what they were already doing but a little better. They will certainly replace older generations of computers and process control equipment with better and probably cheaper new equipment, and this may

result in significant capital-saving technical change. But their major capital costs are in quite other types of plant and equipment, so that their general level of capital-intensity (which is high) is unlikely to be affected. The general trend towards a slow reduction of the labour force is likely to continue with perhaps some acceleration in industries like steel where there are serious problems of surplus capacity and technological obsolescence of older more labour-intensive generations of plant.

Industries in the second category are likely to experience a high rate of technical change in the 1980s, as microelectronics will permit the profitable automation of many areas of production little affected before. Examples are machine shops, including medium and small batch production, and assembly especially for mass production, where there are great possibilities for robotics. However, the rate of diffusion of new technology is likely to be limited both by skill shortages and by capital shortages. These types of automation require very considerable skills in software design and in management. Whereas these are generally present within the electronics industry, they are often not present within the engineering industry. Firms in this industry complain about the shortage of electronic engineers and systems analysts. It is not easy for these firms to attract good electronics people because the career prospects and the interests of the work do not appear so favourable as in the electronics industry itself, or in the software consultancy business. It may be that the latter type of firm is best able to fill the gap temporarily, but in the long run the mechanical and metal-using industries will have to solve this problem of recruitment and training for the skills which they will need on a long-term basis.

A second and probably more difficult problem relates to the capital stock. A considerable increase in capital investment would be required for machine shop automation or to instal a robotic assembly line, as well as many new skills in management. Thus a combination of capital and skill shortages may combine to retard a potentially very high rate of diffusion. In these circumstances substantial changes in the international division of labour are highly probable since firms in those countries which are flexible enough to solve the capital and skill shortage problems are likely to enlarge market shares considerably, whilst firms operating with obsolescent techniques will experience a vicious circle of falling profitability and inadequate resources to adopt new technology on a satisfactory scale. Employment is likely to decline in any case since the new technology is definitely labour-saving, but it will decline more rapidly as a result of erosion of markets than as a result of successful technical change.

In the third group of industries these considerations apply a fortiori. Automation of the clothing industry on a large scale is probably now possible but it would require a massive injection of capital and skills in an industry where both are lacking. The international redistribution effects of technical change could be very great as this is one of the industries where developing countries have made some headway and where this trend could be reversed unless some of them find a way to solve the skill, capital and entrepreneurial problems before the mature industrial countries do so.

In considering all of these changes together it is difficult to envisage a reversal of the clear trend of manufacturing employment in all the mature industrial countries: a marked slow-down of growth in the 1960s, followed by stagnation or decline in the 1970s. It seems much more probable that a slow decline will continue in the 1980s. This trend could conceivably be reversed if output growth and investment were to increase so rapidly that even with a new capital stock requiring far less labour per unit of output, total employment could still be maintained. But this would require a much higher rate of profit and accumulation to overcome the capital and skill shortages which would otherwise frustrate this process.

Is it however possible to look to office employment within manufacturing firms or to the tertiary sector generally (which has of course a much higher proportion of office employment than manufacturing)? It seems more difficult to generalise here and it must be emphasised that a great deal of research remains to be done on changes in capital-intensity arising from the diffusion of microelectronic technology in the service sector.

However, some points do seem to be generally agreed. First, although the all-electronic office is technically feasible, it is unlikely to become widespread in the 1980s. Secondly, the diffusion of individual pieces of electronic equipment, such as word processors, is likely to continue at a very high rate. Thirdly, the capability for introducing and managing technical change in the service sector is generally much lower than in manufacturing. There is generally very little R and D and not much attention paid to such issues as productivity. This means that the dependence on outside skills for system design, applications software etc. is high. Finally, to take full advantage of office automation it would be necessary to expand the telecommunications network very considerably and to introduce many new services. This in turn will require massive capital investment and considerable time lags.

All of this suggests that the tertiary sector will also suffer from problems of capital shortage and skill shortage as electronic technology is introduced in the 1980s. Office employment has generally been an area of

very low capital intensity compared with agriculture or manufacturing. Computers did begin to raise this a little. The reduction of computer costs through micro-electronics will help to keep down the trend towards rising capital-intensity. However, this will not be enough to offset the increase in capital intensity arising from other types of office automation - word processors, communication equipment, peripherals etc.

It is probable that early estimates, such as those of Siemens, exaggerated the probable rate of labour displacement in offices in the 1980s. The all-electronic office is still quite a long way off on any significant scale, and is likely to be considerably delayed by at least four of the factors which we have considered to be important in affecting the rate of diffusion (2,6,7 and 8). Management attitudes and institutional blocks are likely also to be very important retarding factors in relation to other major tertiary sector changes which have been much discussed, such as electronic funds transfer and electronic distribution systems. Several studies of EFT have suggested that institutional and legal problems are major barriers to adoption.

There are some points of growth in tertiary employment - such as the software consultancy business and some types of information service - which owe their rapid growth largely to new technology. But the general prospects for service employment in the 1980s are likely to depend much more on such factors as the levels of government expenditure on public services and the rate of growth of the economy as a whole than on the adoption of microelectronics. I turn now to consider the more difficult question of the overall relationship between technical change and the growth of the economic system as a whole.

IV. CONCLUSIONS

I suggested at the outset that electronics is a technology which will affect every branch of the economy and there is no need to revise this judgement. But it is obvious that the impact will be extremely uneven. The electronics industry itself has grown extremely rapidly throughout the century, but whereas up to the 1960s this growth was accompanied by rapidly rising employment within the industry, this was no longer generally the case in the 1970s. At the same time the impact of the industry on the rest of the economy is now very much greater and potentially enormous. It too has changed.

Its impact is in my view generally highly beneficial and this accounts for the very high diffusion rate in many sectors. However, there is a two-edged aspect of the most recent phase of diffusion. Insofar as electronics promotes the growth of productivity, including labour productivity, it helps to promote the growth of the system as a whole and to damp down inflationary pressures which otherwise might restrain growth. But insofar as its introduction is associated with a simultaneous sharp rise in capital intensity of major parts of the capital stock, it may lead to a structural crisis of adjustment. This is in no sense to "blame" electronics. The problem lies in the adaptability of the economic and social system, not in the technology.

I have argued, following Schumpeter, that the introduction of major new technologies is a wave-like phenomenon and not a smooth process of marginal adjustment. I have also suggested at an OECD Conference on problems of structural unemployment (1977) a mechanism whereby the "spring-tide" of expanison in the early stages of a major new technology may be succeeded by an ebb-tide after about a quarter of a century.

In the early phases (the "spring-tide") the technology is not standardised and is rather labour-intensive. As it matures the tendency to standardisation and capital-intensive production increases, and economies of scale become increasingly important. The loss of impetus to employment growth arises partly from this phenomenon and partly from the secondary effects of the diffusion of the new technology through other parts of the system. In the case of those technologies such as steam power, electric power and electronics which can contribute to the transformation of a large part of the capital stock, the effects can be to diminish significantly the labour requirements per unit of production, at the same time as engendering shortages of specific skills and of capital. During such a crisis of adjustment the expansion of demand will engender inflationary pressures in several ways: through skill shortages and labour cost pressures transmitted through the system by comparability claims, through a fall in the rate of profit and associated capital shortage preventing the attainment of the potential productivity gains in wider sectors of the economy.

Schumpeter used the expression "creative gales of destruction" to describe such phenomena, while Marx spoke of the tendency for the growth of the production forces to outgrow the production relationswithin which they have previously been at work. Whether or not we agree with Marx's conclusion that such problems must lead to socialism, we can all agree that social innovations are needed to reduce the human cost of the adjustment process and to enable society to take full advantage of the enormous possibilities arising from new technology.

REFERENCES

N.I. Bukharin et.al., Science at the Crossroads, Papers from the Second International Congress of the History of Science and Technology, 1931; Reprinted, Frank Cass, London, 1973

C. Freeman, "The Kondratiev Long Waves, Technical Change and Unemployment" in OECD, Structural Determinants of Employment and Unemployment, reports for Experts Meeting, Paris, 7-11 March 1977, Vol.2, published Paris, 1979, pp.181-96

C. Freeman, "Social and Economic Impact of Microelectronics", Paper prepared for Conference on Technology Assessment, Dept. of Science and the Environment, Sydney, Australia, 1979

S. Kuznets, Review of 'Business Cycles', American Economic Review, Vol.30, June 1940, pp.250-71

M.B. Lieberman, "A Literature Citation Study of Science and Technology Coupling in Electronics", Proceedings of the IEEE, Vol.66, No.1, January 1978, pp.5-13

E. Mansfield, "Technical Change and the Rate of Imittion", Econometrica, Vol.29, No.4, 1961, pp.741-66

E. Mansfield, The Economics of Technological Change, Norton, New York, 1968

D. Mowery and N. Rosenberg ,"The Influence of Market Demand on Innovation : a Critical Review of some Recent Empirical Studies", Research Policy, Vol.8, No.2, 1979, pp.102-54

G.F. Ray and L. Nabseth, The Diffusion of New Industrial Processes, Cambridge U.P., 1974

E.M. Rogers, Diffusion of Innovations, New York, Free Press, 1962

N. Rosenberg, Perspectives on Technology, New York, Cambridge U.P., 1976

J. Schmookler, Invention and Economic Growth, Harvard U.P., 1966

J.A. Schumpeter, Business Cycles, New York, McGraw Hill, 1939

J.A. Schumpeter, Capitalism, Socialism and Democracy, New York, Harper and Row, 1942

E. Sciberras, Multi-national Electronic Companies and National Economic Policies : a Study of Competitive Behaviour, JAI Press, Connecticut, 1977.

Voordracht gehouden op 27 mei 1980 in de THE op de Jubileum-bijeenkomst "60 jaar NERG" (289ste werkvergadering) in samenwerking met de Benelux Sectie IEEE en de Sectie Telecommunicatietechniek KIvI.







De Lunch



Prof.Ir. B.van Dijl

ZESTIG JAAR N(E)RG

Prof.Ir. B. van Dijl

De redactiecommissie van het Tijdschrift vroeg mij ter gelegenheid van het zestigjarig bestaan in een artikel aandacht te besteden aan het Genootschap zelf. De gedachte daarbij was, dat er bij een aantal jubilea van ons Genootschap geschreven en gesproken werd over de ontwikkeling van wetenschap en techniek in de verstreken perioden, dat echter de "club" zelf daarbij steeds op de achtergrond bleef. Tellegen was bijv. in 1970, zoals hij zelf schreef, gevraagd: "een en ander te willen zeggen over de wetenschappelijke tendenzen en hun onderlinge samenhang gedurende de afgelopen 50 jaar in het gebied dat door het NERG wordt bestreken." En wie kon dat beter doen dan hij?

Voor de onderneming die mij toegedacht werd, is gesuggereerd om ook gesprekken te voeren met een aantal oudere leden, die nog herinneringen hebben aan vervlogen tijden. Die gesprekken vonden inderdaad plaats, of beter: er vond één ontmoeting plaats, waarbij aanwezig waren de heren Bourgonjon, Breedveld, Paling, Vormer en Van Weel, en ook de huidige hoofdredacteur van het Tijdschrift, Steffelaar. Een paar trefwoorden deden dienst als leidraad voor de discussie, waarin een aantal evenementen en toestanden van kort voor, tijdens en na de oorlog weer tot leven kwamen. Het is dan weer boeiend te ervaren hoeveel er in zeven geheugens wakker gemaakt kan worden, vooral als er "kruisbestuiving" plaatsvindt. Ik meen te mogen vaststellen dat alle deelnemers er hun voldoening en vreugde uit putten; het resultaat werden bouwstenen voor dit opstel. Andere bouwstenen werden geleverd door de dikwijls kostelijke herdenkingsgeschriften bij eerdere jubilea. Maar welk gebouw construeer je daar nu van?

Indien men een stukje geschiedenis wil schrijven, zal men niet alleen naar het onderwerp zelf moeten kijken, maar zal men ook de wereld waarin een en ander zich afspeelde, wat die wereld verwachtte en de reactie op wat tot stand gebracht werd, moeten beschouwen. Als aanduiding van die wereld mogen twee citaten dienen, en wel één uit 1904[1] en één uit 1979[2]. Het eerste is overgenomen uit een verhaal over het werk van Marconi, en luidt:

> "The possibilities of Guglielmo (William) Marconi's invention are just beginning to be realized, and what it has already accomplished would seem too wonderful to be true, if the people of these marvellous times were not almost surfeited with wonders."

Het tweede luidt:

> "Most, if not all, of the public's general distrust of science and technology relates to the hazards and risks associated therewith. Furthermore the public has difficulty categorizing risks and comparing one risk against another (...)."

Het is maar één uitspraak uit het begin van deze eeuw en één uit onze tijd. Ik meen echter dat ze tekenend zijn voor het begin en het einde van een periode, waarin de radio en de elektronica ontstonden en mede verantwoordelijk werden voor de verandering van het wereldbeeld. Misschien zullen zij zelfs nu, als één van de exponenten van alles wat met "techniek" wordt aangeduid, verantwoordelijk zijn voor de wijze waarop wij in de komende tien à twintig jaren zullen leven.

Het Nederlands Radio Genootschap werd opgericht op 29 mei 1920, in een wereld die nog duidelijk onder de indruk was van de eerste wereldoorlog, maar toch ook in een die nog vervuld was van het "wonder" van de radio en van de maatschappelijke mogelijkheden ervan. Tien jaar later, bij de eerste herdenking van de oprichting, schreef de toenmalige secretaris, Ir. P.J.H.A. Nordlohne[3]:
"Het initiatief tot het oprichten van het Genootschap, uitgegaan van de heer A. Dubois en ondergetekende, nu 10 jaar geleden, was het gevolg van de overweging der beide genoemden, dat, wil ons land een actief aandeel gaan nemen aan de in het buitenland reeds beoefende wetenschappelijke radio-studie, het noodzakelijk werd zich te onttrekken aan dilettantistische invloeden en geregelde ontmoetingen te bevorderen van natuurkundigen en ingenieurs, opdat uitwisseling van gedachten en ervaringen tussen hen zou kunnen plaatsvinden, o.a. door het houden van voordrachten met daaraan verbonden discussies.

4 Juni 1923
No. 35.

UITTREKSEL.

Wij Wilhelmina, *bij de gratie Gods,*
Koningin der Nederlanden, Prinses van
Oranje-Nassau, enz., enz., enz.

Beschikkende op de verzoekschriften, ter bekoming van erkenning van de daarin genoemde, voor minder dan dertig jaren aangegane, vereenigingen door goedkeuring van hare daarbij overgelegde statuten;

Gelet op de voorschriften der wet van 22 April 1855 (*Staatsblad* N°. 32) in het algemeen en op art. 6, tweede lid, dier wet in het bijzonder;

Op de voordracht van Onzen Minister van Justitie van den 30 Mei 1923, 1e Afdeeling B, N°. 828;

HEBBEN GOEDGEVONDEN EN VERSTAAN:

de overgelegde statuten der navolgende vereenigingen goed te keuren en deze vereenigingen mitsdien te erkennen; te weten:

1e. enz.

6e. de vereeniging: "Nederlandsch Radio Genootschap", gevestigd te AMSTERDAM;

7e. enz.

Onze Minister van Justitie is belast met de uitvoering van dit besluit, enz.

het Loo, den 4 Juni 1923.

(get.) WILHELMINA.

De Minister van Justitie,
(get.) Heemskerk

Overeenkomstig het oorspronkelijke,
De Secretaris-Generaal bij het Departement van Justitie,
(get.) Van Blom.

Voor eensluidend uittreksel,
De Secretaris-Generaal voornoemd,
Van Blom

Een rondschrijven aan de in aanmerking komende physici en ingenieurs had dan ook een groot aantal sympathie-betuigingen ten gevolge en de oprichting van het Nederlands Radio Genootschap was Mei 1920 een feit geworden. Men kan die dag dan ook aanmerken als de dag, waarop de grondslag is gelegd voor een hoogstaand technisch-wetenschappelijk radioleven in ons land, welks invloed op den opbloei van onze radio-industrie en op den uitstekenden naam van onze officiële radiodiensten, niet ontkend kan worden."
Behalve uit de reeds genoemden, bestond het eerste bestuur uit Prof.Jhr.Dr. G.J. Elias, voorzitter, Dr. B. van der Pol en H. Wesselins Oncken, redacteur van het van den beginne af uitgegeven "Tijdschrift van het Nederlandsch Radiogenootschap".

De wijze waarop de jubilea, om de tien jaar, gevierd werden, geven een boeiend beeld van het genootschap en de haar omringende wereld. In de eerste plaats dient dan vastgesteld te worden dat de viering van het eerste decennium klonk als een klok. Uitgegeven werd een speciaal jubileumnummer, dat bijdragen en gelukwensen bevatte van een aantal prominenten, zoals de Minister van Waterstaat, Mr. P. Reijmer, onder wiens departement ressorteerde de "Openbare Telegraaf- en Telefoondienst", zomede de Luchtvaart, de Scheepvaart en de Meteorologie, van Ir. M.H. Damme, Directeur-Generaal der Posterijen, Telegrafie en Telefonie, van M. le Général G. Ferrié, Président de l'URSI, van Dr. A.F. Philips, Directeur der N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken en de N.V. Philips' Radio.

Zij allen verwoordden het belang van de rol welke het N.R.G. was gaan vervullen. In een kort artikel schreef Dubois:
"Doordat de radiotechniek zich aanvankelijk geheel in het buitenland ontwikkeld had, kende ons land, althans tot aan de wereldoorlog, dit nieuwe verkeersmiddel uitsluitend in de vorm van exploitatie. Met uitsluiting van de Rijkstelegraafdienst te Scheveningen en later die van onze koloniën werd aan een constructie in eigen land geen aandacht besteed, hoewel reeds in exploitatieve zin een zeer algemeen gebruik van de Radio werd gemaakt. De onmogelijkheid om, tijdens de oorlog in de voor de dienst benoodigde apparaten, door aankoop in het buitenland te voorzien, deed echter een eerste poging ontstaan tot eigen aanbouw, waaruit zich geleidelijk een eigen industrie ontwikkelde.

Het spreekt nu wel vanzelf dat èn door het aanvankelijke scepticisme der gebruikers èn door het gebrek aan ervaring de eigen industrie een zware tijd doormaakte.

Ernstig werd gevoeld het gemis aan een mogelijkheid om de vervaardigde producten, door een eigen exploitatie te proberen en te vervolmaken. Alleen een nauw contact met de gebruiker kon hier - althans enigermate - corrigerend optreden. Het is nu naar mijne meening een der grootste verdiensten van het Nederlandsche Radio Genootschap, dat het erin geslaagd is om in belangrijke mate dit contact tot stand te brengen (...)"

In een aantal andere korte artikelen werd de ontwikkeling van wetenschap en techniek beschreven. In een bijdrage van de hand van Prof.Dr. G. Holst en Dr. Balth. van der Pol werden de ontwikkelingen in het Natuurkundig Laboratorium der N.V. Philips weergegeven. Het artikel opende met: "De laatste tien jaren hebben in bijna alle gebieden van de radio groote veranderingen gebracht. Men kan zeggen dat in dien tijd de ontwikkeling van de triode de ontwikkeling van de gehele radio beheerschte." Later werd nog vermeld: "Het vermogen der grootste zendtrioden werd van ongeveer 2 K.W. tot 20-100 K.W. opgevoerd."

Ook werd genoemd dat het laboratorium te Eindhoven er als eerste in geslaagd was een radiotelefonische gemeenschap met de koloniën te bewerkstelligen, terwijl kort daarna de Rijks Radio Dienst de eerste commerciële radiotelefonieverbinding over een dergelijke afstand tot stand bracht.

Prof.Ir. C.L. van der Bilt vermeldde voor "Het Radio-laboratorium in verband met het Radio-onderwijs aan de Technische Hogeschool": "Dank zij de steun van Curatoren en Minister ondervonden werd in Juli 1925 Ir. Y.B.F.J. Groeneveld tot assistent benoemd (...)" (!)

Van een aantal wetenschappelijke artikelen verschenen in het Tijdschrift, werden gedeelten opnieuw gepubliceerd. Daarbij treffen we een aantal malen de naam van Elias, Koomans, Van der Pol, Tellegen, maar ook die van Appleton aan.

Behalve bij overheid en industrie had het Genootschap zich in 10 jaar ook een naam verworven op wetenschappelijk gebied. De Nederlandse technische wetenschap had er in die jaren echter nog niet in de mate van thans behoefte aan in de grote buitenlandse bladen te publiceren. Hierdoor werden er in het Tijdschrift een aantal artikelen gepubliceerd, waarvan de originaliteit een grotere lezerskring dan Nederland op kon leveren, waardig was.

Nederlandsch Radio Genootschap.

Namens het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Afdeeling voor Electrotechniek, hebben we de eer U uit te noodigen tot het bijwonen van de LEDENVERGADERING dier Afdeeling op DINSDAG 30 SEPTEMBER 1924 te 10.45 v.m., welke gehouden zal worden in de groote zaal van het Gebouw „DILIGENTIA" te 's Gravenhage.

Spreker: Dr. Ir. C. J. de Groot.

Onderwerp: *a.* hetgeen op radiotechnisch gebied in Nederlandsch-Indië is tot stand gebracht;

b. de radiotelegrafische verbinding tusschen Nederland en Indië.

Deel *a* wordt behandeld vóór, deel *b* na den koffiemaaltijd.

HET BESTUUR.

Een andere maatschappelijke activiteit van het NRG begon zich in de dertiger jaren af te tekenen: het examenbedrijf. Door het ontbreken van passende opleidingen bij het gesubsidieerde onderwijs, niet alleen op het gebied van de Radio, maar ook op dat van de Telefonie en de Telegrafie, waren het particuliere opleiders die in dit "gat in de markt" gingen voorzien.

Om tot enige uniformiteit te komen, stelde de Nederlandse Bond van Radio Handelaren (NBR) reeds in 1926 examens in. Door allerlei strubbelingen kwam de Bond in moeilijkheden, ging failliet en kwamen de examens in de lucht te hangen. De Nederlandse Vereniging voor Radiotelegrafie (NVVR) werd door het ijveren van B. Slikkerveer, leraar wiskunde aan de Zeevaartschool te Scheveningen, bereid gevonden de examens voorlopig onder haar hoede te nemen.

Ook weer onder druk van Slikkerveer werden de examens in 1937 door het NRG overgenomen. Hij vond de examens van zo veel belang, dat hij slechts de vlag die het NRG kon bieden, goed genoeg achtte. Balth. van der Pol, toen voorzitter van het NRG, had intussen zijn steun en toeverlaat, Ir. Th.J. Weijers, in de gelegenheid gesteld op te treden als voorzitter van de examencommissie, welke examens afnam op het niveau van Radiotechnicus en Radiomonteur.

Nu, achteraf, terugziende op het examenbedrijf van die tijd, is het eigenlijk wonderlijk hoe snel de commissie, zonder formele onderwijsdoelstellingen, zonder begeleiding van onderwijskundigen, op één lijn was gekomen in de benadering van kandidaten. Het peilen van waar het om ging, nl. om inzicht in en vaardigheid met een stukje fysica en techniek, vond niet alleen op het niveau van de technicus plaats, maar ook op dat van de monteur. Daardoor was het mogelijk als bindend element op te treden voor de talloze opleiders met geheel verschillende achtergronden, die hun pupillen naar de NRG-examens zonden ter verkrijging van een diploma, waarvan het bezit al spoedig de beste belofte inhield voor de goede vervulling van functies, niet alleen op het gebied van de radio, maar op dat van de gehele "zwakstroomtechniek".

Van een echte viering van het tweede decennium, dat eindigde in mei 1940, kwam om voor de hand liggende redenen niets. Overigens zou er wat betreft de ontwikkeling van wetenschap en techniek, wel iets te vieren geweest zijn. Immers, wanneer men ziet hoe de omroep in die jaren gestalte kreeg, in welke mate de korte golven toegepast werden voor de commerciële telefoon- en telegraafverbindingen met verre gewesten zoals N.O.-Indië, Noord- en Zuid-Amerika, in welke mate ook de "radiolamp" haar intrede deed op de lijnverbinding, dan had men niet stil gezeten. Dat de draaggolftelefonie over lijnen zo'n vlucht kon nemen, was mede te danken aan de negatieve terugkoppeling in versterkers, aan de uitvinding waarvan niet alleen de naam van de Amerikaan C.S. Black verbonden is, maar ook die van de Nederlandse ingenieur K. Posthumus.

Een aantal inzichten die nu gemeengoed zijn, bestonden toen echter nog niet. In een verlate herdenking van de afsluiting van het tweede decennium gaf Koomans[4)] daar op een interessante wijze blijk van in een rede, uitgesproken in 1941, met als titel "Van het verleden tot het heden in de radio":
"De praktische betekenis van het Armstrong (FM-) systeem schijnt gering; door de groote bandbreedte die het inneemt, is het beperkt te worden toegepast in het gebied van golven beneden de 10 meter. Daar in dit gebied de overbrugging van noemenswaardige afstanden niet mogelijk is, schijnt de aanleiding om daarvoor de aether lastig te vallen weinig voorhanden, temeer daar er ook nog leidingen in de wereld zijn.

Hetzelfde geldt ook voor de televisie, waar deze tot hetzelfde golflengtegebied is beperkt. Van radio-standpunt gezien, meenen we dan ook dat het geen zin heeft aan deze tak van techniek een beschouwing te wijden. Zoolang een afstandsoverbrugging die eenige beteekenis heeft, onmogelijk is, blijft de televisie een op zichzelf staand complex van onvervulbare wensdroomen, reclame- en prestige-overwegingen en van vernuftige en allerinteressantste detailconstructies en onderzoekingen."

Hoewel de BBC in Engeland vier jaar eerder met TV-uitzendingen was begonnen, heeft niemand in die dagen de uitspraak weersproken of weerlegd, ook niet vanuit de industrieën, die er tien jaar later één van hun kurken om drijvende te blijven, in zouden vinden.

Zoals gezegd, ging een echte herdenking van het tweede decennium verloren in het rumoer van de oorlog; de herdenking van het derde ging wellicht verloren onder de indruk van de oorlog. Er vond in juni 1950 wel een feestelijke bijeenkomst plaats in Hilversum, waarbij de AVRO als gastvrouw optrad. Het jaarverslag over 1950 zegt hierover, dat de bijeenkomst "een enigszins feestelijk karakter droeg, daar het Genootschap ruim 30 jaar bestond." Redevoeringen die

NEDERLANDSCH RADIO GENOOTSCHAP
SECRETARIAAT:
ELZENTLAAN 11a TEL. 3569
EINDHOVEN

No. 1013
Gelieve dit nummer bij beantwoording te vermelden.

BETREFFENDE:
10-JARIG BESTAAN.

EINDHOVEN, Maart 1930.

Aan de leden van het Nederlandsch Radio Genootschap.

Den 29sten Mei 1930 zal het 10 jaar geleden zijn dat het Nederlandsch Radio Genootschap te Amsterdam werd opgericht. Het Bestuur heeft gemeend dit 10-jarig bestaan niet onopgemerkt te mogen laten voorbijgaan en is voornemens het eenigszins feestelijk te herdenken. De plannen, door het Bestuur voorgesteld, zijn ter jongste zitting van het Genootschap aan de leden bekend gemaakt, welke daaraan hun goedkeuring hechtten. Kort samengevat omvatten deze plannen:

1. De uitgave van een speciaal tijdschriftnummer, waarin de geschiedenis en de bloei van het Genootschap zullen worden besproken. Korte samenvattingen van de voor het Genootschap gehouden voordrachten zullen erin worden opgenomen, benevens korte toepasselijke artikelen van enkele daartoe speciaal uit te noodigen autoriteiten.

2. Een feestzitting van het Genootschap op **Zaterdag 24 Mei 1930** te **'s-Gravenhage,** waar de Voorzitter. een rede zal houden over de ontwikkeling van de radiowetenschap in de laatste 10 jaren, meer in het bijzonder over de rol welke het Nederlandsch Radio Genootschap daarbij heeft gespeeld.

3. Na de feestzitting bestaat er voor de leden gelegenheid zich te vereenigen aan een feestmaaltijd in Hotel De Witte Brug waarvan de kosten gld. 6.— per persoon zullen bedragen.

Het Bestuur stelt zich voor, enkele autoriteiten van Rijk en Gemeente uit te noodigen, aan dezen maaltijd deel te nemen als gast van ons Genootschap.

Alvorens echter tot het verzenden dezer uitnoodigingen over te gaan zou het Bestuur gaarne zekerheid willen hebben dat een voldoend aantal leden aan het diner zal deelnemen waarom wij U verzoeken vóór 9 APRIL op bijgaand biljet Uw besluit tot al of niet deelneming aan het diner, benevens bijgaanden postwissel, wel te willen doen toekomen aan den Secretaris van het Nederlandsch Radio Genootschap, Ir. P. J. H. A. Nordlohne, Elzentlaan 11a te Eindhoven. Het verschuldigde kan ook gestort worden op de postrekening No. 15776 van Ir. Nordlohne; op het biljet te vermelden: „feestmaaltijd N.R.G."

Wij hopen en vertrouwen dat vele leden aan de feestzitting en het diner zullen deelnemen, opdat de herdenking van het 10-jarig bestaan van ons Genootschap inderdaad een feestelijk karakter moge dragen.

Met de meeste hoogachting,

Namens het Bestuur,

DR. BALTH. VAN DER POL, Voorz.
Ir. P. J. H. A. NORDLOHNE. Secr.

Nederlandsch Radio Genootschap

Ondergeteekende, ...,

wenscht $\frac{\text{wel}}{\text{niet}}$ deel te nemen aan den feestmaaltijd op Zaterdag 24 Mei 1930 te 's-Gravenhage, ter gelegenheid van het 10-jarig bestaan van het Nederlandsch Radio Genootschap.

een aanduiding zouden kunnen geven van wat men toen als belangrijk beschouwde, werden echter niet vastgelegd, althans niet gepubliceerd.

Er zou echter wel iets te melden zijn geweest. Het kan toch eigenlijk nauwelijks missen, dat men toen aan hetzelfde aandacht besteed zou hebben als wij nu zouden doen: de transistor, de gedrukte bedrading, een schakeling die men aanduidde met "trigger" en die eigenlijk de basis werd voor de elektronische rekenmachine - waarvan de eerste, de fameuze ENIAC, reeds in 1945 in bedrijf kwam -, het idee van de communicatiesatelliet. Het is thans moeilijk nog na te gaan wanneer we ons goed bewust werden hoe ingrijpend deze ontwikkelingen waren, niet alleen voor het vakgebied van de elektronica zelf, maar ook voor de wijze waarop dit vak het gehele wereldbeeld zou gaan beïnvloeden.

Echter, het zou in dit artikel in hoofdzaak over het Genootschap zelf gaan. En dan wil ik voor het begin van de jaren 50 twee ontwikkelingen signaleren. In de eerste plaats het feit dat men begon in te zien, dat de redacteur van het Tijdschrift, H. Wesselins Oncken, assistentie diende te krijgen: er werd een redactiecommissie benoemd. De reden daartoe was dat de hoeveelheid aangeboden kopij toenam, en dat men erop wenste te blijven toezien dat de inhoud van het Tijdschrift in overeenstemming met de doeleinden van het NRG bleef.

In de tweede plaats dient vermeld, dat de besturen uit die jaren goede nota namen van het probleem dat door de Examencommissie gesignaleerd werd, nl. dat het aantal geslaagden voor de examens - waarvoor zich jaarlijks ca. 700 kandidaten meldden - veel te gering was. Voor de technicusexamens was dit ca. 25%, voor de monteursexamens ca. 30%. Het probleem vond in de eerste plaats zijn oorzaak in het feit dat het Genootschap zich op het standpunt plaatste, dat er geen vooropleidingseisen gesteld dienden te worden voor deelname aan de examens. We zeggen nu dat er een "drempelloze toegang" tot de examens was. Het NRG beoogde toen reeds het "tweede kans onderwijs" te bevorderen.
Door geen toelatingseisen te stellen, was het talentenspectrum van de kandidaten bijzonder breed. Er meldden zich lieden waarvan duidelijk was dat ze het examen, na hoeveel herhalingen ook, nooit zouden halen. Veelal waren deze mensen opgeleid door instituten waarop, wat de kwaliteit van het onderwijs betreft, het nodige viel aan te merken. Aan de andere kant van het spectrum, en uiteraard in uitzonderingsgevallen, heel erg veel talent. Jongens die eerder uit school weggezonden waren, werden gegrepen door het radiovak en grepen hun kans via het NRG-examen.

De zorg van de kwaliteit van het onderwijs leidde ook tot een intensiever contact van leden van de Examencommissie met een aantal scholen. Gehoopt werd met het geven van adviezen tot een verbetering van het onderwijs te komen. Enkele scholen waren echter simpele éénmansbedrijven, waarvan de omstandigheden, ook die van de huisvesting, zó waren dat ze nauwelijks een uitgangspunt konden vormen voor de ontwikkeling tot een goed instituut. Op deze vaststelling was één uitzondering.

Om op een veel effectievere wijze tot een verbetering van het elektronica-onderwijs te kunnen komen, richtten de Vereniging tot bevordering van Elektrotechnisch Vakonderwijs in Nederland (VEV) en het NRG in 1957 samen de SVEN op, de Stichting tot bevordering van het Vakonderwijs op het gebied van de Elektronica in Nederland.

Volgens art. 3 van de statuten heeft de SVEN tot taak steun te verlenen aan onderwijsinrichtingen waar onderricht gegeven wordt op het gebied van de elektronica, tot opleiding voor diploma's ingesteld door NRG en VEV. Volgens art. 4 tracht de Stichting haar doel te bereiken door het verwerven van financiële en/of materiële steun en het distribueren daarvan over de onderwijsinrichtingen. Het geld dat in de periode 1957-1963 verdeeld is, werd verkregen van de overheid en van bedrijven werkzaam op het gebied van de elektronica.

In 1960 werd de afsluiting van het vierde decennium herdacht; weer, na dertig jaar, een viering die klonk als een klok. En daar was ook wel alle aanleiding toe, want was niet iedere beoefenaar van het elektronica-vak er zich intussen van bewust, dat dit vak in de gehele samenleving centraal zou gaan staan. Naast een aantal her-publikaties en her-her-publikaties - zie 1930 - van gedeelten van opvallende artikelen, de herdenkingsrede van Van Soest[5]. Hij getuigde er op visionaire wijze van:
"In de toekomst zal het zwaartepunt zich sterk verplaatsen in de richting van meer fysisch opgebouwde structuren door méér en méér gebruik van materialen met bijzondere en wonderlijke eigenschappen en hun combinaties. Dit proces is reeds in volle gang; denk aan de transistoren, de halfgeleiders in het algemeen (...)" En dan verder na een opsomming van zaken waarvan wij

NEDERLANDSCH RADIO GENOOTSCHAP

Secretariaat: ELZENTLAAN 11a te EINDHOVEN - Telefoon 3569.

EINDHOVEN, datum postmerk.

UITNOODIGING tot het bijwonen van de JAARLIJKSCHE ALGEMEENE VERGADERING, (37e zitting,) welke gehouden zal worden op

VRIJDAG 23 Januari 1931

des namiddags te 3 uur, in het **Gebouw Industria**, Vygendam te **Amsterdam**

AGENDA:

1. Notulen van de vorige zitting.
2. Jaarverslag van Secretaris en Penningmeester.
3. Benoeming van een commissie tot het nazien van de rekening en verantwoording van den Penningmeester.
4. Ballotage van den Heer Drs. H. J. DE BOER te Eindhoven, voorgedragen door de leden J. v.d. Mark, P. J. H. A. Nordlohne en K. Posthumus.
5. Verkiezing van een nieuwen Voorzitter en Penningmeester, wegens periodiek aftreden van de zittende functionarissen. Het Bestuur stelt voor te benoemen:
   tot Voorzitter: Professor **Ir. C. L. van der BILT**;
   tot Penningmeester: **Dr. Ir. N. KOOMANS.**
6. Verslag en beraadslaging over een door het Bestuur aan den Hoofdingenieur-Directeur van P.T.T. uitgebracht advies betreffende de radio-conferentie te Madrid in 1932.
7. Voorstel van het Bestuur tot het verleenen van een bijdrage aan de Nederlandsche Commissie van het Internationaal Pooljaar 1932.
3. Voordracht van het correspondeerend lid

Ir. W. F. EINTHOVEN te Bandoeng,
over: **„Radiotelegrafie** en **-Telefonie** in **Nederl.-Oost-Indië gedurende de laatste jaren."**

HET BESTUUR.

nu reeds zo veel om ons heen hebben: "(...) Ik meen ook dat eenvoudige rekenmachientjes over veertig jaren hun intrede in elk huisgezin gemaakt zullen hebben. Het woord is aan de energetici, de elektronici en de schakeltechnici (...) ál dit wordt mogelijk als miniaturisatie in grote stijl gelukt; het arbeidsveld daarvoor ligt nog wijd open."

Nu, ze namen het woord, vooral de elektronici. En hoe. Alleen wat snel, maar het antwoord was wel passend. Op 2 april 1963 reageerde de algemene ledenvergadering ook op, voor het Genootschap, passende wijze op de zich aftekenende nieuwe situatie en besloot het woord "Elektronica" aan de naam van de club toe te voegen; van dat moment af was de naam: "Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap".

In de zestiger jaren werd een nieuw beroep op de SVEN gedaan. Op verzoek van Staatssecretaris Prof.Dr. H.H. Janssen werd in 1963 uitbreiding aan de activiteiten van de Stichting gegeven, en wel omdat hij het op prijs stelde aanbevelingen te ontvangen voor het inrichten, op de onderscheidene niveaus, van het elektronica-onderwijs in Nederland.

Een rapport[6] met de gevraagde aanbevelingen werd in 1966 gepubliceerd. Eén van de overwegingen daarin luidde:
"Ondanks de sedert 1957 door de SVEN verleende steun blijken de instituten niet te kunnen voldoen aan de bepalingen van het Subsidievoorwaardenbesluit van het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen."

Tenslotte werd vermeld dat er een groot gebrek aan vakbekwame leraren was op het gebied van de elektronica. Veel leraren zijn wel bevoegd, maar niet bekwaam om les te geven in de elektronica. Een herziening van de eisen in het Bevoegdhedenbesluit is noodzakelijk.

Zoals reeds opgemerkt, besteedde Tellegen[7] aandacht aan de ontwikkeling van de wetenschap in de eerste 50 jaren van het Genootschap. Dit geschiedde op 10 oktober 1970. Als uitgangspunt beschouwde hij daarbij de "Stand in 1920", waarbij Nederland de elders reeds voor een deel gesponnen draad van de radio opnam met een beschouwing van Van der Pol[8]. Hierin werd aangetoond dat de voor lange golven ontvangen veldsterkten veel groter waren dan de uit buiging berekende waarden. Wanneer we deze publikatie als de "openingszet" opvatten van de Nederlandse deelname aan alles wat met radio en elektronica op het gebied van wetenschap en techniek te maken heeft - en gemakshalve de elektronentheorie van Lorentz in dit verband buiten beschouwing latende - dan weet Tellegen een aantal gebieden op te sommen waarop Nederlanders, voor een deel via NRG/NERG, bijdragen leverden. De door hem opgesomde gebieden waren die van de Elektronenbuizen, van de Schakelingen en Speciale Buizen, van de Elektro-akoestiek, de Materialen, de Netwerktheorie, de Voortplanting van Radiogolven, de Communicatie en Informatie en tenslotte van de Microgolven.

Tellegen was er zich terdege van bewust dat met de genoemde gebieden het wetenschappelijk terrein dat het NERG beoogde te omvatten, op geen stukken na gedekt was. Hij geeft dan ook in zijn slotwoord een opsomming van de gebieden die buiten beschouwing moesten blijven; het heeft geen zin deze hier te herhalen. Interessant is wel, dat ook in die opsomming het woord "micro-elektronica", of enig synoniem daarvan, niet voorkomt.

En dan staan we voor de jaren 70. Het decennium van de "Large Scale Integration", van de "Chip" of van de microprocessor, hoe men het ook zeggen wil, maar in ieder geval het decennium van de Elektronica, welk woord nu wel met een hoofdletter mag worden geschreven. In de jaren 30 was de maatschappelijke rol van de radio duidelijk geworden. Het moest nog dertig jaar duren - zie de herdenkingsrede van Van Soest - aleer het ook duidelijk werd, dat de elektronica tot in alle hoeken en gaten van het menselijk doen en denken zou kunnen doordringen. In de jaren 70 is de opmars in alle richtingen begonnen.

Het is uiteraard moeilijk vast te stellen welke bijdrage het werk van "Ted" Hoff[9] gehad heeft tot de plaats die de microprocessor in dit decennium verworven heeft. Deze jonge elektronicus werd, vers van Stanford University, bij Intel Corporation belast met de taak een stel miniatuur-componenten te ontwikkelen voor programmeerbare "desk-top calculators", die een Japanse firma op de markt wilde brengen.
Na het ontwerp, voorgesteld door de Japanse ontwerpers, bekeken te hebben, wist Hoff dat hij voor een probleem zat. Het geheel eiste een groot aantal nogal dure chips en zou een belangrijk deel van de ontwerpcapaciteit van de firma opeisen.

Piekerend over de opgave kwam Hoff op het idee de reken- en logische circuits op één chip te zetten, en de input, output en programmeereenheden op afzonderlijke chips. Intel slaagde er tenslotte in bijna alle elementen van de

NEDERLANDSCH RADIO GENOOTSCHAP

Secretariaat: VAN SOUTELANDELAAN 35, 's-GRAVENHAGE; Tel. 721132

's-Gravenhage, 1 Februari 1941.

UITNOODIGING

tot het bijwonen van de **60e zitting**, welke zal plaats hebben op

VRIJDAG 14 FEBRUARI 1941,

in het Koninklijk Instituut van Ingenieurs,

Prinsessegracht 23 te 's-Gravenhage.

AGENDA:

Des voormiddags te elf uur:

1. Opening en notulen van de vorige zitting.
2. Ballotage van nieuwe leden:
   Ir. J. K. SCHOUTEN, voorgesteld door de leden: de Lussanet de la Sablonnière, Nordlohne en de Lange.
   Ir. G. J. SIEZEN, voorgesteld door de leden: Vormer, van der Wijck en van Soest.
3. Voordracht door Ir. A. VAN GANSWIJK, getiteld:
   „Onderzoek naar het gedrag van Radiodistributie-kabels."

Des namiddags te veertien uur:

4. Voordracht door Dr. J. GOSLINGS, getiteld:
   „Kortegolf-therapie."
5. Voordracht door Ir. S. GRATAMA, getiteld:
   „Een generator voor kortegolf-therapie."
6. Rondvraag en Sluiting.

Een gezamelijke koffiemaaltijd zal gehouden worden in de Noenzaal van de Fa. Lensvelt Nicola, Tournooiveld 1.

HET BESTUUR.

centrale processor op één enkele chip aan te brengen. De microprocessor was geboren. Het begin van een nieuw tijdperk?

Welke rol het NERG bij de chip zelf speelde? Een niet zo grote, en niet anders dan dat het onderwerp van de IC en de microprocessor een aantal malen bij voordrachten aan de orde kwam. Maar genoeg om Teer[10] de gelegenheid te geven om bij een voordracht de volgende historische woorden te spreken:
"Dit is een verhaal over innovatie in de elektronica en de voornaamste boodschap is, dat de nieuwe mogelijkheden zich nog steeds in versneld tempo ontwikkelen, geschraagd door een steeds bredere schare van disciplines in steeds geslotener gelederen. Onderdeel van die boodschap is dat de nieuwe elektronische mogelijkheden ver uitgaan boven miniaturisering, minder energieverbruik en verlaging van de prijs. De stuwende kracht in deze ontwikkeling is de combinatie van technologisch raffinement en systeem-vernuft. De abstracte vondsten van de denker laten zich realiseren in concrete kunststukjes van de maker (...)" En tenslotte:
"(...) Het is een revolutionaire ontwikkeling, waarbij systeem-abstracties, academische bespiegelingen, luchtkastelen en science fiction nogal plotseling verhuizen van studeerkamer en studieboek naar kleine stukjes silicium."

Nog op een andere wijze kon het NERG een bijdrage leveren tot het helpen oplossen van de problemen die door de ontwikkeling van de elektronica ontstonden. Deze bijdrage was echter indirect, en wel via de SVEN. De bezorgdheid over de noodzaak van verbetering van het elektronica-onderwijs bestond in het begin van de jaren 70 nog onverminderd. Daarom zond de SVEN in oktober 1971 een nota aan de Minister van Onderwijs en Wetenschappen onder de titel: "Nota inzake Elektronicaberoepsonderwijs, in het bijzonder op middelbaar en lager technisch niveau."

Hierin werd gesteld dat sedert het verschijnen van het eerder genoemde rapport, de uitwerking van het daarin gestelde achtergebleven is bij de verwachtingen. De SVEN ziet de toekomst van het elektronica-onderwijs dan ook met zorg tegemoet. Behalve dat het aantal scholen waarop elektronica-onderwijs plaatsvindt, te gering is, is er grond voor twijfel aan de uniformiteit daarvan en aan de doelmatigheid.

In de nota werd de Minister het advies gegeven een Departementale Commissie in te stellen, die tot taak zou dienen te hebben de eerder genoemde doelmatigheid van het onderwijs te bevorderen, en voorts de behoefte in Nederland aan elektronica-onderwijs op middelbaar en lager technisch niveau nader te bepalen.

De toenmalige Minister van Onderwijs en Wetenschappen, Mr. C. van Veen, heeft met bijzondere voortvarendheid op de nota gereageerd. Enkele maanden later werd bericht ontvangen dat gaarne gevolg gegeven zou worden aan de gedane suggestie, met dien verstande dat een in te stellen commissie het onderwijs in de elektrotechniek integraal diende te behandelen. Ter voorkoming van misverstanden werden de beide E's in de naam opgenomen en op 29 november 1972 werd de Commissie Modernisering Leerplan Elektrotechniek en Elektronica", afgekort CMLEE, door de Minister geïnstalleerd. In de installatie-rede kwam tot uitdrukking dat de Commissie diende te adviseren over:

a. leerplannen en eindexamenprogramma's op de verschillende niveaus;
b. maatregelen die genomen moeten worden om met leerplannen te experimenteren;
c. maatregelen die genomen kunnen worden om in functie zijnde leraren en leermeesters in de gelegenheid te stellen zich te heroriënteren;
d. de eisen waaraan toekomstige leraren moeten voldoen.

Dit is niet de plaats om in detail op het werk van de CMLEE in te gaan, zijnde, via de SVEN, een tweede afgeleide van het NERG. Omdat er in de jaren 80 toch nog wel eens een beroep op het Genootschap zou kunnen worden gedaan om in te springen voor het elektronica-onderwijs, zij hier vermeld dat de CMLEE een groot aantal taken vervuld heeft ten behoeve van het technisch beroepsonderwijs. De relatie met het onderwijsveld is bijzonder intensief geweest en het werk is door velen positief ervaren.

Van de CMLEE uit gezien helaas, werd de Commissie met ingang van mei 1977 omgezet in een Advies-commissie voor de Leerplanontwikkeling, welke "ACLOO-EE" - in tegenstelling tot de CMLEE - zelf geen uitvoerend werk zal dienen te verrichten. De uitvoerende taken van alle CML's, een twintigtal, waarbij de CMLEE de enige beroepsgerichte, werden overgedragen aan de zojuist opgerichte "Stichting voor de Leerplanontwikkeling" (SLO), gevestigd te Enschede. Hierbij ging ook het personeel van de CML's met uitzondering van de secretarissen over in dienst van de SLO.

Waarom dit dan toch vermeld? Omdat begin december 1979 het "Verslag van de Adviesgroep Maatschappelijke gevolgen van de Micro-elektronica" (Commissie-Rathenau)[11], dat ook een aantal beschouwingen wijdt aan de onderwijsproblematiek die nu ontstaan is, voor publikatie werd vrijgegeven. Hierin wordt gesteld dat het er niet alleen om gaat, dat er nieuwe technische vakken in sommige leerplannen opgenomen zullen moeten worden, maar vooral ook dat in een groot aantal leerplannen van grote verscheidenheid allerlei vakken anders benaderd zullen moeten worden, en daarbij bovendien met een andere - veel meer analytische - denkwijze dan thans.

De taak die het onderwijsveld in het verleden op het gebied van de elektronica heeft gehad, is altijd zwaar geweest door de snelle ontwikkeling van het vak. Indien men de lijn uit het verleden doortrekt naar het heden en naar de toekomst, dan kan men slechts concluderen dat die taak nu en straks gigantisch is en blijft. Daartoe hoeft men niet alleen de eerder als historisch aangemerkte uitspraken van Teer te overdenken, maar ook wat er sindsdien op het gebied van de micro-elektronica gebeurd is en wat er in de komende jaren te gebeuren staat. Dat laatste niet alleen op het gebied van de elektronica zelf, maar ook op de talloze gebieden die door de nieuwe elektronica in beweging gebracht zullen (moeten) worden.

Hoe omvangrijk het her- en bijscholingsprobleem is dat hiermede samenhangt, is zonder nadere studie nauwelijks aan te voelen. De Commissie-Rathenau zegt in haar rapport: "Daarbij moet bedacht worden dat aanvullende scholing niet alleen noodzakelijk is voor hen die een bepaalde positie vervullen, hetzij bij de overheid, hetzij in het bedrijfsleven, hetzij bij het onderwijs zelf, maar eigenlijk voor alle leden van de samenleving, willen zij opgewassen zijn tegen de nieuwe sociale en culturele omstandigheden (...)"

Een eerste reflectie op wat er dient te gebeuren, leert al dat men zal moeten beginnen de doelgroepen af te bakenen. Laten wij, om het probleem voor een eerste benadering enigszins overzienbaar te houden, ons beperken tot de docenten van het technisch beroepsonderwijs - de meest urgente groep, omdat van hen een uitzaai-effect zal uitgaan -, dan nog staat men voor een geweldig probleem. Ook in deze categorie zijn er voor een bijscholing verschillende gebieden te onderscheiden, waarvan de omvang vastgesteld dient te worden en waarvoor onderwijsdoeleinden geformuleerd moeten worden. Leerstof zal ontwikkeld dienen te worden, terwijl een instituut ressorterend onder de Nieuwe Leraren Opleiding (NLO) in een of andere vorm belast zal moeten worden met het verzorgen van de cursussen, zó dat in bijv. vijf jaar al diegenen die voor bijscholing in aanmerking komen, een beurt gehad hebben. Gezien de snelheid waarmede de elektronica zich nu ontwikkelt, dient er na een dergelijke periode een nieuwe cyclus te beginnen.

Het te verrichten werk is zo omvangrijk, dat de genoemde organisaties extra bekrachtigd zullen moeten worden om het aan te kunnen. Het is duidelijk dat allerlei facetten van het totale onderwijsprobleem afzonderlijk onderzoek zullen vergen. Evenwel, men zal nu onmiddellijk stappen moeten nemen om tot de zeer spoedige realisering te komen van een instituut voor de her- en bijscholing van leraren op het gebied van de elektronica. Beter snel beginnen, ervaring opdoen, fouten maken en het onderwijs bijstellen, dan (te) lange discussies over optimale leerinhouden.

De Commissie-Rathenau acht het noodzakelijk dat, wil Nederland de vloedgolf het hoofd kunnen bieden welke door de micro-elektronica veroorzaakt zal worden, er op dit gebied een "kenniscentrum" tot stand komt. Dit centrum zal bemand moeten worden met ten miste twintig academici, onder wie zeker enkele hooggekwalificeerde onderzoekers. Het zal de ondernemer bewust moeten maken van nieuwe uitdagingen en het zal hulp moeten bieden bij het ontwerpen van produktiemethoden en produkten. Gehoopt moet worden dat men de organisatievorm, de relaties met het bedrijfsleven en de bemanning zo zal kunnen kiezen, dat er een mentaliteit kan ontstaan als die bij Intel, waar een jong academicus zo uitgedaagd werd, dat hij mede aanleiding gaf tot een stukje geschiedenis dat het vermelden waard is.

Naar mijn overtuiging zal er tussen het eerder genoemde Instituut voor her- en bijscholing van docenten en het "Chip Kenniscentrum" een nauwe relatie moeten ontstaan, althans tussen de "ontwerpers" uit beide huizen, of dat nu het ontwerpen van "hardware", "software" of "harde leerstof" is.

Wat betreft de aard van het onderwijs op het Instituut, ik meen dat men moet streven naar een vorm van geprogrammeerd onderwijs, waarbij de studenten de gelegenheid geboden kan worden om zich enkele weken af te zonderen en zich van 's morgens vroeg tot in de avond aan de studie te wijden, los van huiselijke zorgen

of de problemen van het normale werk. Dit betekent dat het Instituut als internaat zou moeten worden geëxploiteerd. Vrijblijvende cursussen waarbij men de niet-lestijd op een terrasje in de zon kan doorbrengen, leiden tot niets.

Het daadwerkelijk steunen van dit streven is een taak het NERG waardig. In 1979 werden de NERG-examens in administratie gegeven bij de VEV; de Examencommissie werd omgezet in een Onderwijscommissie. Verwacht mag worden dat deze herstructurering ertoe bijdraagt, in samenwerking met de SVEN, gemakkelijker op de nieuwe problematiek in te spelen. Het NERG heeft zich steeds voor onderwijsproblemen ingezet en kan zich op bekend terrein weten. Echter, de allure van de problemen is wel wat veranderd. Als men er zich toe zet, is de onderneming een gelukwens waard. Wanneer de "chip" op de goede plaats goed terecht komt, kan deze ertoe bijdragen dat de eerder geciteerde "distrust of science and technology" toch ook weer voorbij trekt.



De voorbespreking van dit artikel in de Railway Bar in Utrecht, v.l.n.r. Dr.Ir. A. van Weel, Ir. J.J. Vormer, Prof.Ir. B. van Dijl, Ir. A.W.M. Paling, Ir. L.R. Bourgonjon, Prof.Ir. M.P. Breedveld.

Referenties

1. Doubleday, R., Stories of Inventors, New York, 1904.
2. Christiansen, D., Risk Comparison, IEEE Spectrum, vol. 16, nr. 9, p. 25, sept. 1979.
3. Tijdschrift van het Nederlands Radiogenootschap, Jubileumnummer, p. 12, 1930.
4. Koomans, Prof.Dr.Ir. N., Van het Verleden tot het Heden in de Radio, Tijdschrift NRG, vol. 9, nr. 4, p. 201.
5. Soest, Prof.Ir.Dr. J.L. van, De Komende 40 Jaren, Tijdschrift NRG, vol. 25, nr. 4, p. 225.
6. Rapport met Aanbevelingen voor het inrichten van het Elektronica-onderwijs in Nederland op Lager- en Middelbaartechnisch niveau, SVEN, Amsterdam, 1966.
7. Tellegen, Prof.Dr.Ir. B.D.H., Beschouwingen over 50 jaar Elektronica- en Radiowetenschap in het bijzonder in Nederland, Rede, okt. 1970, De Ingenieur, vol. 83, nr. 6, ETIS.
8. Pol, D.Sc. Balth. van der, On the Propagation of Electromagnetic Waves round the Earth, Phil.Mag., vol. 38, sept. 1919.
9. The Numbers Game, Time, Febr. 20, 1978.
10. Teer, Dr.Ir. K., LSI is meer dan LSI, Tijdschrift NERG, vol. 41, nr. 5, p. 147, 1976.
11. Rapport van de Adviesgroep-Rathenau, Maatschappelijke gevolgen van de Micro-elektronica, Staatsuitgeverij, Den Haag, 1980.



Het bestuur dat de jubileumbijeenkomst voorbereidde, v.l.n.r. zittend: Ir. G.A. van der Spek, Dr.Ir. W.Herstel, Ir. E. Goldstern, Ir. J.T.A. Neessen; staande: Ir. H.H. Ehrenburg, Ir. J.H. Huijsing, Prof.Dr.Ir. J.P.M. Schalkwijk.



De redactiecommissie, dit dit jubileum-nummer voorbereidde, v.l.n.r. Ir. A. Da Silva Curiel, Ir. M. Steffelaar, Ir. L.D.J. Eggermont.

ELECTRONICS-AIDED MEASUREMENT TRANSDUCERS

Dr. ir. K.B. Klaassen

Laboratorium voor Elektronische Instrumentatie
Afdeling der Elektrotechniek, Technische Hogeschool Delft

Transducers form an important category of system components in various kinds of information systems. The performance of a particular class of transducers, the input or measurement transducers, usually forms the bottleneck of an information system; the characteristics of these transducers restrict the performance of the total information system. The intention of this paper is to show that these measurement transducers can be much improved by applying modern electronics technology. In order to place the measurement transducers in the appropriate context, an introduction to modern instrumentation science is first given.

1. INFORMATIEPROCESSEN

De mens is in zijn wetenschappelijke en technische bedrijvigheid voortdurend bezig met behulp van allerlei machines informatie te bewerken en te verwerken. Deze situatie waarin de mens met door hem gemaakte hulpmiddelen bezig is een bepaald deel van het fysische universum te observeren, te meten, te regelen, te registreren of te beschrijven kan worden opgevat als een informatieproces waarin stromen van informatie worden getransporteerd, gerouteerd, gehercodeerd, gereduceerd etc, (zie fig. 1). In een fysisch realiseerbaar proces worden deze informatiestromen natuurlijk altijd gedragen door fysische grootheden. Meer in detail geformuleerd: de informatie ligt vervat in de *toestand* of de *verandering van de toestand* in de tijd, de frequentie of de ruimte (*temporele, spectrale*, respectievelijk *spatiële structuur*) van een bepaalde grootheid van een fysische toestand of een fysisch verschijnsel.

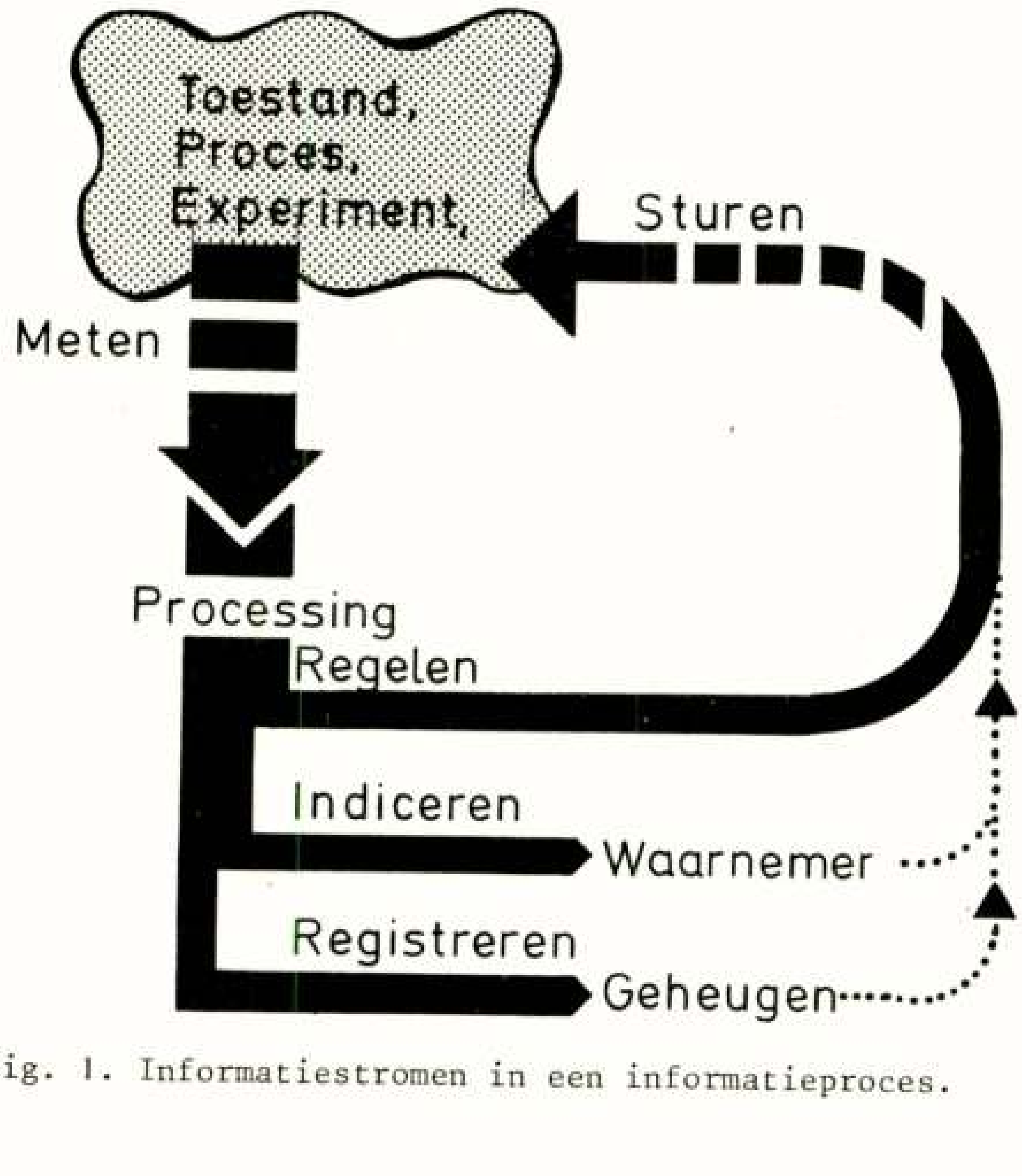


Fig. 1. Informatiestromen in een informatieproces.

Voorbeelden hiervan zijn: het timbre van een toon (spectrale verdeling van de energie van een akoestische trilling), een spraaksignaal op een transmissielijn (temporele verdeling van de amplitude van elektrische spanning of stroom) enzovoort.

Fysische grootheden kunnen naar hun aard worden ingedeeld in twee soorten: energetische of actieve grootheden en niet-energetische of passieve grootheden. Zoals in fig. 2 is aangegeven kan men in analogie hiermee twee vormen van informatie onderscheiden: actieve en passieve informatie [1].

Actieve informatie is informatie die wordt gedragen door fysische grootheden die energie of vermogen kunnen overdragen: spanning, kracht, snelheid etc. Op de scheidingsvlakken in een informatieproces waar doorheen energie wordt uitgewisseld treden deze grootheden steeds paarsgewijze op (spanning - stroom, kracht - snelheid); zij kunnen slechts paarsgewijze vermogen of energie overdragen. De actieve informatie kan geënt zijn op één van de beide grootheden van zo'n energetisch paar maar ook op het vermogen of de energie zelf, dus op het produkt van de beide grootheden van een energetisch paar. Actieve informatie zal door de altijd aanwezige verliezen (demping, wrijving etc.) tenslotte dissiperen en verdrinken in de alom aanwezige thermische ruis. Zij is derhalve niet geschikt voor (langdurige) opslag. Bij de bewerking en de verwerking van informatie maar ook meestal bij informatietransport wordt uitsluitend gebruik gemaakt van informatie in haar actieve verschijningsvorm. Ook de communicatie tussen systemen onderling en tussen de mens en zijn technische systemen vindt plaats door uitwisseling van actieve informatie (althans hierbij komt altijd een actieve fase voor). Actieve informatie dragende fysische grootheden noemen we doorgaans signalen.

Passieve informatie is informatie die ligt opgeslagen in de eigenschappen van de materie en de ruimtelijke ordening van deze eigenschappen. Voorbeelden hiervan zijn

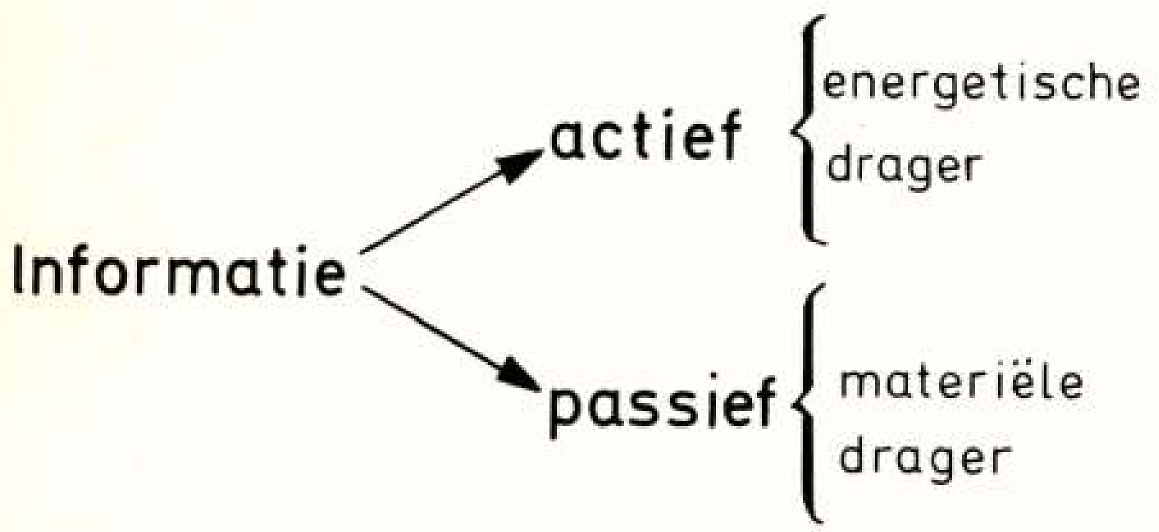


Fig.2. Informatie ingedeeld naar de aard van de dragende fysische grootheid.

de informatie in een ponskaart (transparantieverdeling) en die op een magneetband (magnetisatieverdeling) etc. Passieve informatie degenereert in het algemeen slechts zeer langzaam in de tijd en kan daarom goed worden opgeslagen. Om te kunnen worden bewerkt of verwerkt moet passieve informatie eerst geactiveerd worden d.w.z. afgebeeld worden op een energetische drager. Omgekeerd moet voor (langdurige) opslag actieve informatie eerst gepassiveerd worden, dus afgebeeld worden op de (ruimtelijke verdeling van de) eigenschappen van de materie. Ter verduidelijking een voorbeeld van de activering van informatie: de bepaling van de mechanische impedantie van een konstruktie. De konstruktie moet hiertoe geëxciteerd worden, bijvoorbeeld met een zekere kracht $F(\omega)$. Zij krijgt dan de snelheid $v(\omega)$. Uit de gemeten informatie in $F(\omega)$ en $v(\omega)$, die beide actieve informatiedragers zijn, wordt vervolgens met een verhoudingsbewerking een signaal afgeleid dat de impedantie-informatie $F(\omega)/v(\omega)$ bevat.

2. INFORMATIESYSTEMEN

Een informatieproces zoals hierboven omschreven, gaat gepaard met vele informatie-omzettingen die zich afspelen binnen één technisch systeem of in een aantal onderling communicerende technische systemen. Het realiseren van deze informatiesystemen duidt men aan als *instrumentatie*. Men spreekt in dit verband ook wel van systeeminstrumentatie; d.i. de theorie en de techniek van het ontwerpen van instrumentele systemen of instrumenten.

Daar in de instrumentatie deze systeemgedachte niet algemeen verbreid is en er meestal komponentgericht, analytisch wordt gedacht en ontworpen, is het zinvol nader op de *systeeminstrumentatie* in te gaan [2].

Zoals in fig. 3 is aangegeven, kan een systeem worden opgevat als een samenstel van onderling samenwerkende komponenten (elementen), dat af te scheiden is van de omgeving en van de rest van het (super)systeem waarvan het beschouwde systeem deel uitmaakt. De taak van de instrumentatie is de komponenten zó te kiezen en de samenwerking tussen de komponenten zó te coördineren, dat het systeem een bepaalde voorgeschreven transformatie van de ingangsinformatie in uitgangsinformatie realiseert. Het bijbehorende transformatievoorschrift zal zodanig moeten zijn, dat het supersysteem kan functioneren voor het doel waarvoor het was opgezet. Daar het beschouwde systeem naast gewenste wisselwerkingen met het supersysteem ook ongewenste wisselwerkingen met de omgeving onderhoudt, is het bedrijf van het systeem onderworpen aan een aantal beperkende condities. Het doel van deze condities is het uitsluiten van verkeerd gebruik waarbij andere dan de voorgeschreven transformaties optreden, en het uitsluiten van onveilig gebruik waarbij het systeem zelf, het supersysteem, of de omgeving schade wordt toegebracht. De beperkende condities voor een instrumentatiesysteem vallen uiteen in twee soorten: condities die de omgevingstoestanden waaraan het systeem mag worden blootgesteld beperken (*omgevingscondities*) en condities die de wisselwerkingen met het supersysteem beperken (*interface condities* of *ingangs-* en *uitgangscondities*).

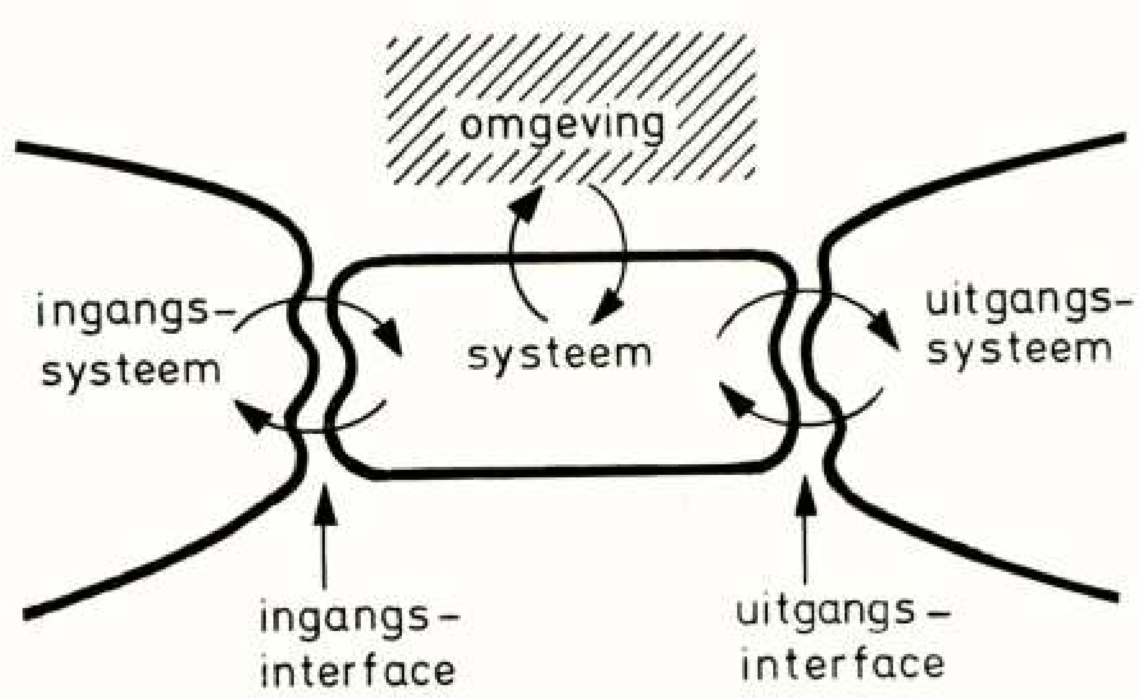


Fig. 3. Wisselwerkingen van een systeem met de omgeving en het supersysteem waarvan het deel uitmaakt.

Is er aan alle beperkende condities voldaan, dan zal het instrumentatiesysteem de voorgeschreven transformaties niet exact uitvoeren doch slechts bij benadering. Zolang de afwijking binnen de gespecificeerde toegestane toleranties blijft, zal het systeem bedrijfszeker functioneren; daarbuiten is het systeem defect en moet het vervangen of gerepareerd worden. Het bestaan van deze tolerantie-intervallen maakt, dat op basis van de uitgangsinformatie van het systeem de ingangsinformatie niet volledig kan worden gereconstrueerd; er zal enige onzekerheid blijven bestaan over de aangeboden ingangsinformatie, het systeem introduceert ruis, fouten e.d.

De realisatie en het bedrijf van een instrumentatiesysteem vergen een zekere hoeveelheid middelen of gegeneraliseerde kosten zoals: geld, tijd, grondstoffen, energie, gewicht, volume, etc. De instrumentatie houdt zich daarom bezig met het optimaal ontwerpen van informatiesystemen die een voorgeschreven transformatie realiseren binnen bepaalde toleranties, omgevingscondities en interface condities tegen zo gering mogelijke gegeneraliseerde kosten. Dit optimum wordt daarbij betrokken op de gehele levenscyclus van het systeem: ontwerp, pro-

duktie, gebruik en afvoer.

Bij de transformaties van informatie die plaatsvinden in een instrumentatiesysteem wordt de informatie van de ene fysische drager omgezet op een gelijksoortige of andere fysische drager. De transformatie bepaalt dan de aard van de omzetting (activatie, transport, bewerking, verwerking of passivatie), terwijl het deelgebied van de fysica waartoe de informatiedragers behoren bepaalt of er sprake is van transductie of transactie van informatie. *Transductie van informatie* [3] treedt op bij die omzettingen waarbij de informatie overgeleid wordt op fysische grootheden die behoren tot een ander deelgebied van de fysica dan de oorspronkelijke informatiedragers (Lat. transducere = overgeleiden). *Transactie van informatie* treedt op bij informatie-omzettingen waarbij de informatiestroom wordt voortgezet in fysische grootheden die behoren tot hetzelfde deelgebied van de fysica (Lat. transagere = voortzetten). Een en ander is nader verduidelijkt in fig. 4. Opgemerkt dient te worden,

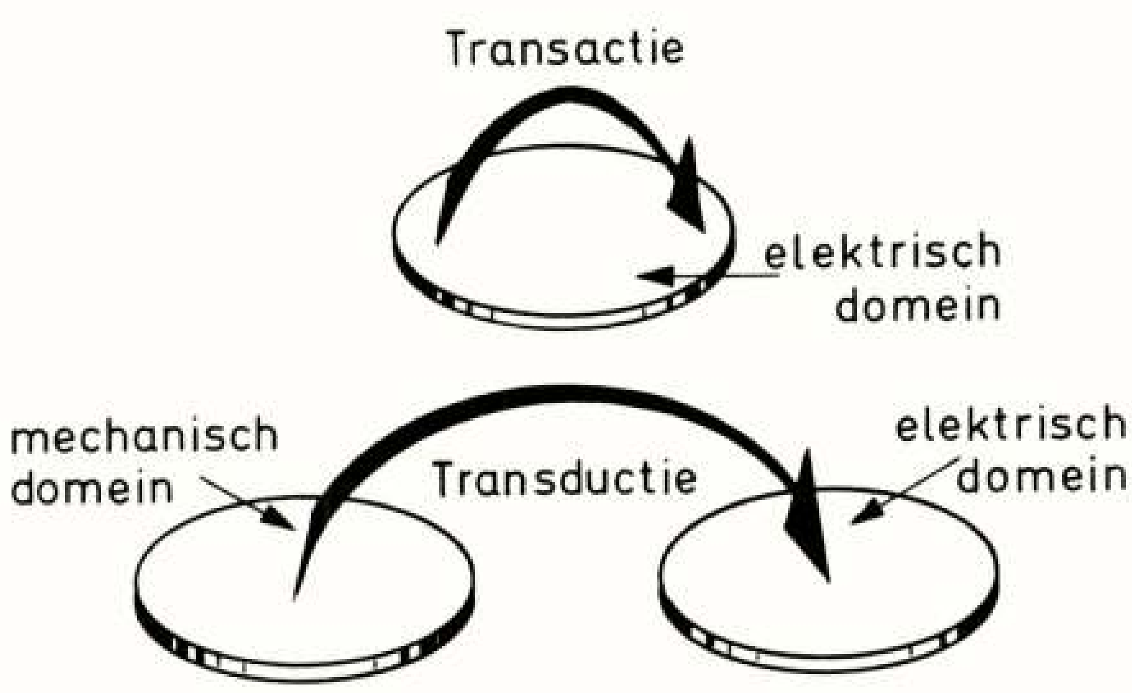


Fig. 4. Transactie en transductie van informatie in, respectievelijk tussen, verschillende deelgebieden (domeinen) der fysica.

dat de grens tussen de verschillende deelgebieden in de fysica niet scherp is te trekken, zodat de bovenstaande indeling meer een praktische dan een theoretische is. Toch is de indeling nuttig, daar informatie-omzettingen van het transactie-type zich geheel binnen één domein of vakgebied afspelen. Deze omzettingen zijn een typisch monodisciplinaire aangelegenheid en de mogelijkheden die een bepaald domein biedt voor de realisatie van transacties van informatie zijn dan ook meestal goed uitgezocht. Omzettingen van het transductie-type daarentegen strekken zich uit tot minstens twee vakgebieden (en bij indirecte transductie zelfs tot meer). Zij zijn derhalve multidisciplinair van aard en doorgaans slechts onderzocht door specialisten behorende tot het in de transductie meest dominante vakgebied. Hier is nog plaats voor veel onderzoek.

3. TRANSDUCTIE EN TRANSACTIE VAN INFORMATIE

De systeemkomponenten die in een informatiesysteem de transductie van informatie realiseren, worden aangeduid als transducenten. Als we veronderstellen, dat de in het voorbeeld van fig. 1 aangegeven processing een informatietransactie is die zich afspeelt in een ander fysisch domein dan dat waarin zich het eigenlijke proces afspeelt, dan zullen er transducenten nodig zijn voor het opnemen van informatie uit het proces (*meettransducenten*) en transducenten voor het afgeven van informatie aan het proces (*stuurtransducenten*), aan een menselijke waarnemer (*indicatietransducenten*) of aan een geheugen (*registratietransducenten)*. Deze transducenten kan men ook vernoemen naar hun plaats ten opzichte van de zo belangrijke centrale informatietransactie: de processing, namelijk ingangstransducenten (meettransducenten) en uitgangstransducenten (stuur-, indicatie- en registratietransducenten). De naamgeving op dit gebied is verre van eensluidend; zo duidt men meet- of ingangstransducenten ook wel aan als opnemers, sensoren e.d. Hetzelfde geldt voor stuurtransducenten (exciters, actuators), indicatietransducenten (meters, displays) en registratietransducenten (schrijvers, recorders, geheugens).

Dankzij de flexibiliteit die de moderne elektronica biedt bij de realisatie van de processing in een informatiesysteem, wordt de processing vrijwel altijd geheel elektronisch gerealiseerd. In vrijwel alle informatiesystemen is de processing dus de een of andere vorm van elektrische transactie van informatie. Dit houdt onvermijdelijk in, dat aan de ingang van alle informatiesystemen die betrekking hebben op niet-elektrische processen er meettransducenten nodig zijn voor de transductie van informatie naar het elektrische domein. Deze ingangstransducenten vervullen derhalve een zeer belangrijke rol met name in de meet- en regeltechniek. Juist nu door de enorme expansie van de micro-elektronica de informatiehonger van de informatie-processing-systemen vrijwel niet te stillen is, zal, om te voorkomen dat de ingangstransducenten nog sterker dan thans reeds het geval is de "bottleneck" gaan vormen, veel onderzoek moeten worden verricht op het terrein van deze ingangs- of meettransducenten.

4. MEETTRANSDUCENTEN

Meettransducenten zijn verre van ideale systeemkomponenten, Hun matige eigenschappen vormen maar al te vaak de beperkende factor in de specificaties van het totale informatiesysteem, daar de meettransducent in serie met de informatiestroom staat. Om een enkel voorbeeld te geven: de verhouding van de maximale en de minimale flow (debiet) die met één flow-transducent met een bepaalde nauwkeurigheid meetbaar is, bedraagt bij veel transducenten slechts een factor 3 à 10, terwijl de elektronische processing een dynamiek van 10^5 à 10^6 goed kan realiseren.

Nemen we naast de matige eigenschappen van de be-

staande meettransducenten in aanmerking de vele nieuwe terreinen waarop gemeten en geregeld moet worden, dan zal duidelijk zijn dat er een grote behoefte bestaat aan systematisch onderzoek naar meettransducenten voor allerlei verschillende fysische ingangsgrootheden die snel, nauwkeurig en gevoelig zijn en een grote storingsongevoeligheid, dynamiek en bedrijfszekerheid hebben.
De huidige generatie van meettransducenten is overwegend fijnmechanisch-werktuigbouwkundig van opzet; het mechanische domein is hier dominant. Gezien in het licht van de vergrote vraag zijn deze fijnmechanische transducenten vaak te duur. Bovendien zijn zij vaak traag en vergen veel onderhoud en afregeling. Men kan er qua eigenschappen niet veel drastische verbeteringen meer van verwachten, omdat deze generatie transducenten vrijwel uitontwikkeld is en de fijnmechanica reeds op haar tenen moet staan om de huidige eigenschappen mogelijk te maken.

5. ELEKTRONISCHE MEETTRANSDUCENTEN

Teneinde de toeleverantie van informatie voor elektronische processingsystemen ook in de toekomst op adequate wijze te verzekeren, is een andere benadering van de meettransducenten nodig. Om dezelfde redenen als waarom in het verleden gekozen werd voor een overwegend elektronische processing (grote flexibiliteit, snelheid en versterking realiseerbaar, geen bewegende delen dus geen slijtage), zal nu de "elektronificatie" van de meettransducenten voor de deur staan. Er zullen daarbij andere configuraties en transductieprincipes mogelijk worden die ook soelaas kunnen bieden bij het goedkoper, sneller en kleiner maken van de meettransducent. Bij deze elektronische meettransducenten zal het mechanische deel altijd een belangrijke rol blijven spelen, al was het maar voor een solide, corrosiebestendige behuizing of voor de scheiding tussen agressieve procesvloeistoffen en -gassen enerzijds en de voor verontreiniging zo gevoelige halfgeleiderelektronica anderzijds. Ook is de elektronificatie van meettransducenten geen universele panacee; soms is zij eenvoudigweg onmogelijk, zoals bij transducenten voor hoge omgevingstemperaturen, hoge stralingsniveaus, etc.

De mate van penetratie van elektronica is een meettransducent (zie fig. 5) hangt af van diverse factoren, zoals de beschikbare fysische effecten die voor de eigenlijke transductie in aanmerking komen, de stand van de technologie en de beschikbare produktiemiddelen. Naast de huidige, vrijwel uitsluitend fijnmechanische transducenten waarin het elektrische gedeelte vaak beperkt blijft tot een simpele komponent zoals een potentiometer voor de omzetting naar het elektrische signaal, zijn er verschillende penatratieniveaus denkbaar. Een vorm van lage penetratie is die waarin de elektronica gebruikt wordt voor het ondersteunen van niet-elektrische meetfunkties, bijvoorbeeld de kompensatie van parasitaire afhankelijkheden, het uitvoeren van enige preprocessing op de uitgangssignalen van een transducent zoals linearisering, filtering, versterking, AD-conversie, e.d. De penetratie is volledig wanneer de niet-elektrische informatiedragende ingangsgrootheid een direkte variatie geeft in een elektrische parameter (weerstand, induktie, capaciteit) of elektrische variabele (spanning, stroom, lading) van een elektrisch circuit, in de eigenschappen van een elektronische komponent (diode, transistor, FET, e.d.) of in de structuur van een elektronische configuratie. Ook in het geval van volledige penetratie blijft er meestal nog een niet-elektrische voorbewerking nodig (lenzen, spiegels, rasters, membranen, veren, etc.) alvorens de eigenlijke transductie kan plaatsvinden, zodat ook deze categorie strikt genomen moet worden aangeduid met "*electronics-aided*" in plaats van "*electronic*", zoals is aangegeven in fig. 5.

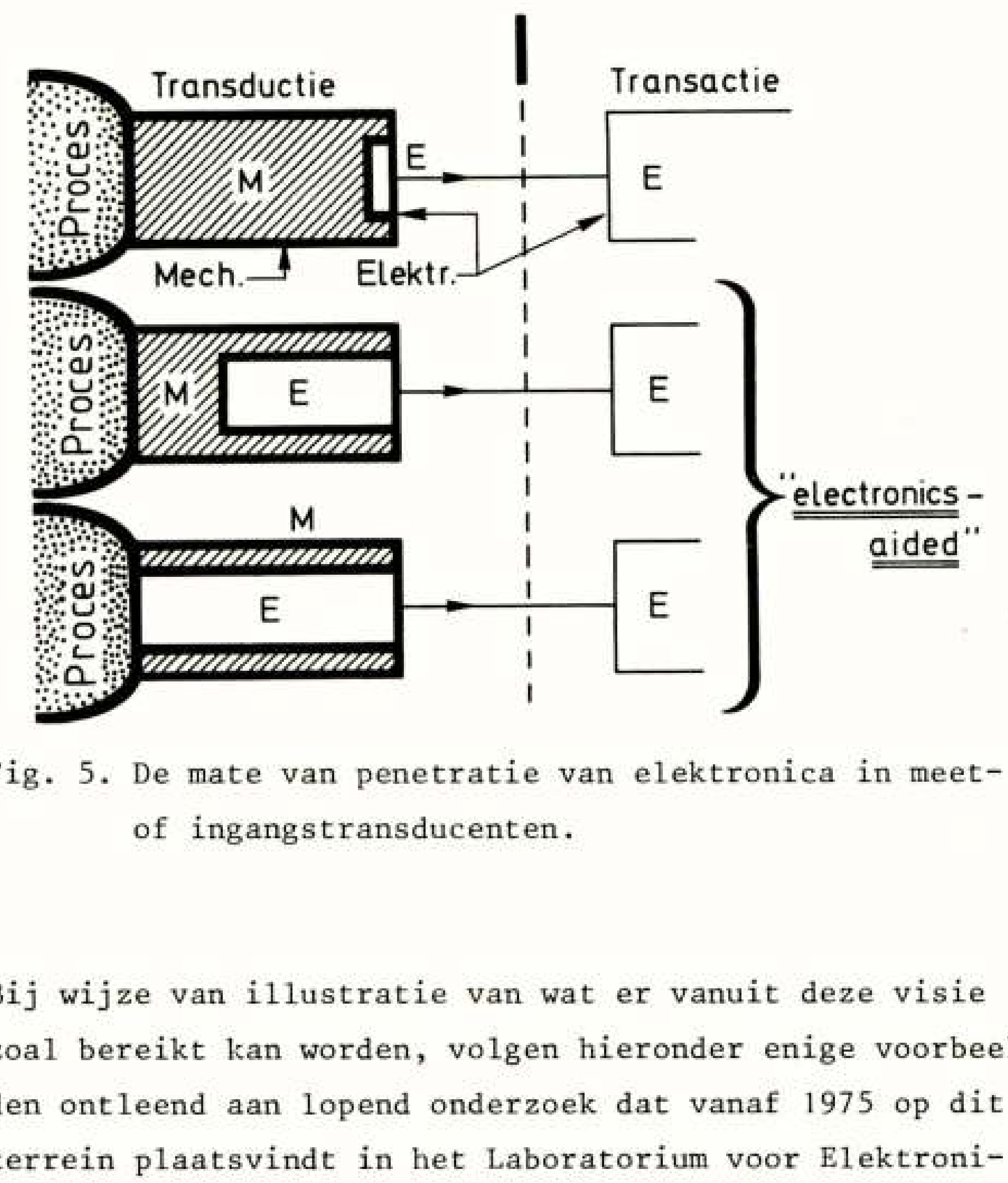


Fig. 5. De mate van penetratie van elektronica in meet- of ingangstransducenten.

Bij wijze van illustratie van wat er vanuit deze visie zoal bereikt kan worden, volgen hieronder enige voorbeelden ontleend aan lopend onderzoek dat vanaf 1975 op dit terrein plaatsvindt in het Laboratorium voor Elektronische Instrumentatie van de T.H. Delft.

Aangetoond kan worden [3] dat voor een correcte informatietransductie in een meettransducent een aantal basiseigenschappen nodig is:

A. Voorgeschreven informatietransformatie
- gevoeligheid, lineariteit
- responsie, indicatietijd

B. Toegestane toleranties
- nauwkeurigheid
- bedrijfszekerheid

C. Omgevingscondities
- storingsongevoeligheid

D. Interfacecondities
- aanpassing, (gegeneraliseerde) ingangsimpedantie
- meetbereik, dynamiek

Deze basiseigenschappen zullen bij de bespreking van elektronische meettransducenten herhaaldelijk aan de orde komen.

5.1. CAPACITIEVE TRANSDUCENTEN

Als voorbeeld van een meettransducent waarbij de ingangsgrootheid direkt de parameters van een elektrische komponent doet veranderen, zullen we een capacitieve verplaatsingstransducent bespreken. Vrijwel alle methodes, principes en configuraties die hieronder aan de orde komen, kunnen gegeneraliseerd worden en zijn derhalve ook toepasbaar op resistieve, zelf-inductieve en wederzijds-inductieve transducenten. Zoals uit de gegeven toepassingen ook zal blijken, zijn capacitieve transducenten niet alleen geschikt voor verplaatsingsmetingen, maar ook voor bijvoorbeeld het meten van kracht, druk, kruip, trillingen, enz.

De capacitieve C van een plaatcondensator is gegeven door $C = \varepsilon_o \varepsilon_r A/d$. De te meten verplaatsing kan aangrijpen op 3 parameters: de permittiviteit ε_r (vullingsgraad), het oppervlak A (laterale positie van de elektroden), of de elektrodenafstand d. Kiezen we bij wijze van voorbeeld d als variabele, dan blijkt C hyperbolisch van d af te hangen. Een meettransducent moet echter lineair zijn. Aan deze lineariteitseis kan op drie verschillende wijzen worden voldaan.

De condensator kan geëxciteerd worden met een konstante opgedrukte wisselstroom I. Dan bevat de spanning U over de condensator de gewenste informatie over de verplaatsing want: $U = I/j\omega C = Id/j\omega\varepsilon_o\varepsilon_r A$ (*admittantie uitlezing*). Deze oplossing kan geïnstrumenteerd worden bijvoorbeeld zoals aangegeven is in fig. 6(a).

Een tweede wijze is het elektronisch lineariseren van de hyperbolische verplaatsing-capaciteit relatie. Dit kan met een niet-lineair diode-weerstand netwerk (benadering met rechte lijnstukken) of, in digitale vorm, met een ROM waarin de correctietabel voor de transducent is vastgelegd (zie fig. 6(b). In dit laatste geval is er een grote flexibiliteit; men kan ook exemplaar-spreidingen opvangen door elke transducent zijn eigen individuele ROM mee te geven. De enige eis is dan dat de niet-lineaire karakteristiek van de transducent voldoende goed reproduceerbaar moet zijn.

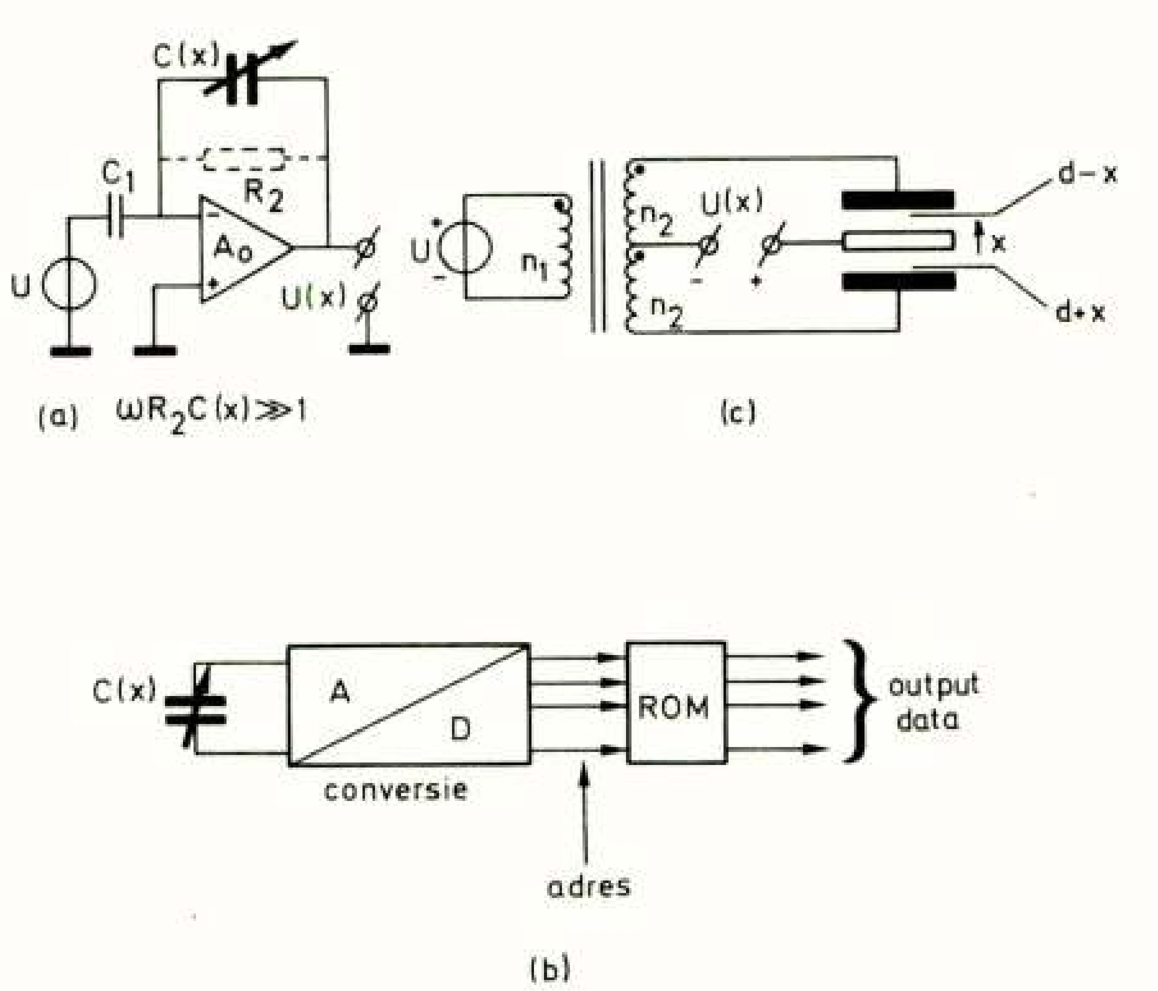


Fig. 6. De elektronische uitlezing van capacitieve verplaatsingsopnemers.

Een derde wijze is aangegeven in fig. 6(c). Zij bestaat uit het dubbel uitvoeren van de transducent in een *balansconfiguratie*. Voor deze configuratie geldt

$$U(x) = U\frac{n_2}{n_1}\left(\frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2}\right) ;$$

met $C_1 = \varepsilon_o\varepsilon_r A/(d - x)$ en $C_2 = \varepsilon_o\varepsilon_r A/(d + x)$ levert dit

$$U(x) = U\frac{n_2}{n_1}\frac{x}{d} .$$

Door het opnemen van twee identieke niet-lineaire transducenten in een balansconfiguratie is hier dus een essentieel lineaire transducent gerealiseerd. De aanpassing aan het meetobject wordt door de balansconfiguratie eveneens verbeterd. De toch al kleine Coulomb-kracht (F_e) tussen de elektroden van een enkelvoudige transducent wordt door de balansuitvoering kleiner (F_b). De verhouding bedraagt $F_e/F_b = (d^2 - x^2)^2/4d^3x$. Er is nog een verdere reductie van de kracht F_b mogelijk door compensatie met een Coulombkracht opgewekt door een gelijkspanning. Daartoe worden op de buitenste, vaste elektroden twee verschillende gelijkspanningen gesuperponeerd die zodanig van de uitgangswisselspanning van de transducent zijn afgeleid, dat de netto kracht op de beweegbare middenelektrode nul is. De aanwezigheid van de gelijkspanningen zal de wisselspanningmeting van de positie van de middenelektrode niet beïnvloeden.

In het bovenstaande is stilzwijgend aangenomen, dat er geen randvelden zijn. In werkelijkheid zijn de randvelden van grote invloed, vooral bij kleine transducenten, en zijn zij niet reproduceerbaar door verplaatsbare geleiders die in deze randvelden voorkomen. Een principe (*guarding*) waarbij deze randvelden essentieel buiten het meetcircuit gesloten worden, berust op het toepassen van een schermelektrode die op dezelfde potentiaal gehouden wordt als de uitleeselektrode (de beweegbare middenelektrode in fig. 7). Dit kan op twee manieren geschieden. In fig. 7(a) wordt de uitleeselektrode door een stroomspanning omzetter op aardpotentiaal gehouden. De meebewegende schermelektrode is dan eenvoudigweg geaard (*passieve guarding*). Door de toegepaste stroomuitlezing is echter de transducent niet langer essentieel lineair maar slechts bij benadering voor kleine verplaatsingen x lineair. Er geldt namelijk

$$U(x) = U\frac{n_2}{n_1}\frac{\varepsilon_o\varepsilon_r A}{C_2}\left(\frac{2x}{d^2 - x^2}\right) .$$

Vaak is het onmogelijk de uitleeselektronica vlak bij de

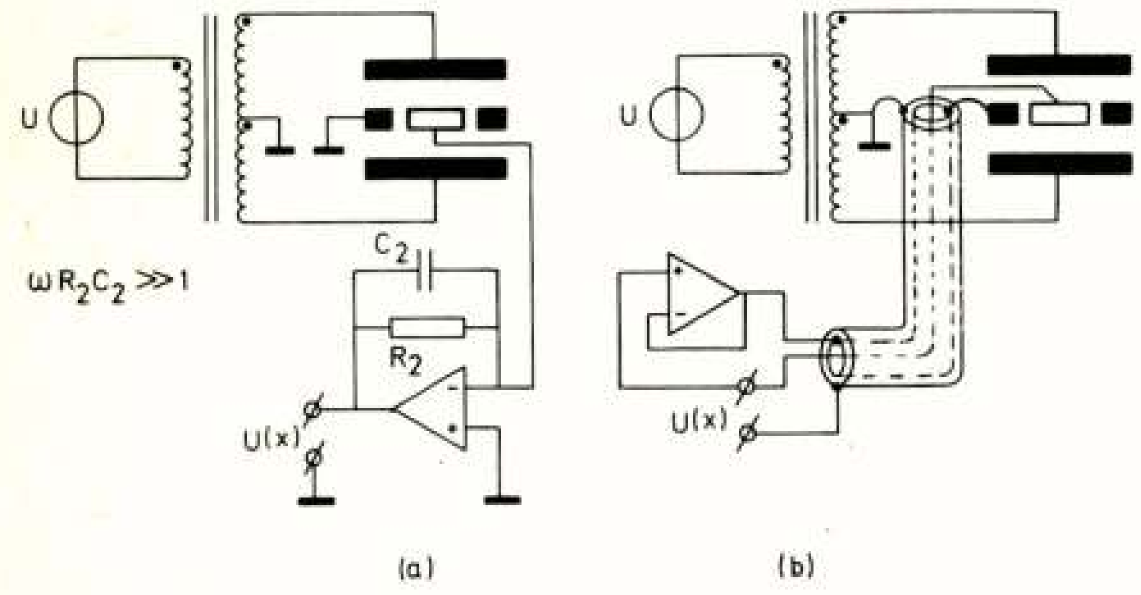


Fig. 7. Het gebruik van extra elektroden en schermen ter onderdrukking van randvelden en kabelcapaciteiten.

elektrodes te plaatsen (b.v. bij hoge temperaturen). De capaciteit van de verbindingskabel zal bij de stroomuitlezing van fig. 7(a) geen invloed hebben, bij spanningsuitlezing echter wel. Bij spanningsuitlezing, waarbij de toepassing van de balansconfiguratie essentiële lineariteit geeft, veroorzaakt de kabelcapaciteit niet alleen een reductie in gevoeligheid maar maakt zij ook, dat de transducent niet-lineair wordt. Zoals in fig. 7(b) is aangegeven, kan de kabelcapaciteit schijnbaar worden opgeheven door de binnenste mantel van een dubbelafgeschermde kabel met behulp van een 1x versterker mee te sturen met de binnenader (*actieve guarding*). Op deze wijze wordt de kabelcapaciteit C_k en de versterkeringangscapaciteit C_i bij een versterking van $1-\varepsilon$ keer omgezet in $\varepsilon C_k + C_i$. Indien de volgfout ε voldoende klein is, resteert dus alleen nog de ingangscapaciteit C_i van de 1x versterker.

Bij het meten van kleine verplaatsingen met kleine opnemers zal de uitgangsspanning U(x) klein zijn en relatief sterk gestoord. Dit resulteert in een hoge detecteerbaarheidsdrempel van de transducent. Deze detectiegrens kan sterk worden verlaagd door de toepassing van fasegevoelige, synchrone of coherente detectie [4]. Zoals in fig. 8 is aangegeven, wordt bij deze techniek in het algemeen eerst AC voorversterking toegepast, daarna synchrone demodulatie, laagdoorlaatfiltering en DC versterking. Voor een grote dynamiek en een goede lineariteit leent zich eigenlijk alleen een schakelaardemodulator. Als deze wordt uitgevoerd met D-MOS transistoren, introduceert de demodulator slechts een zeer kleine offset en zijn er, bij gebruik van een smalbandig laagdoorlaat filter, zeer kleine wisselspanningen van onder de ruis mee te detecteren. Als we aannemen, dat de transducent geëxciteerd wordt met een sinusvormige wisselspanning waarvan de frequentie in het witte ruisgebied (dus boven het 1/f ruisgebied) van de AC voorversterker ligt, dan bedraagt de equivalente uitgangsruis u_{eff} bij een systeem met een schakelaardemodulator een een laagdoorlaat filter met bandbreedte Δf

$$u_{eff} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} G\sqrt{\Delta f}\sqrt{u_r^2 + \frac{i_r^2}{4\omega^2C^2}}\,.$$

Hierin is G de totale versterking, u_r de spectrale ruisspanningsdichtheid en i_r de spectrale ruisstroomdichtheid van de AC versterker (zie fig. 8(b).

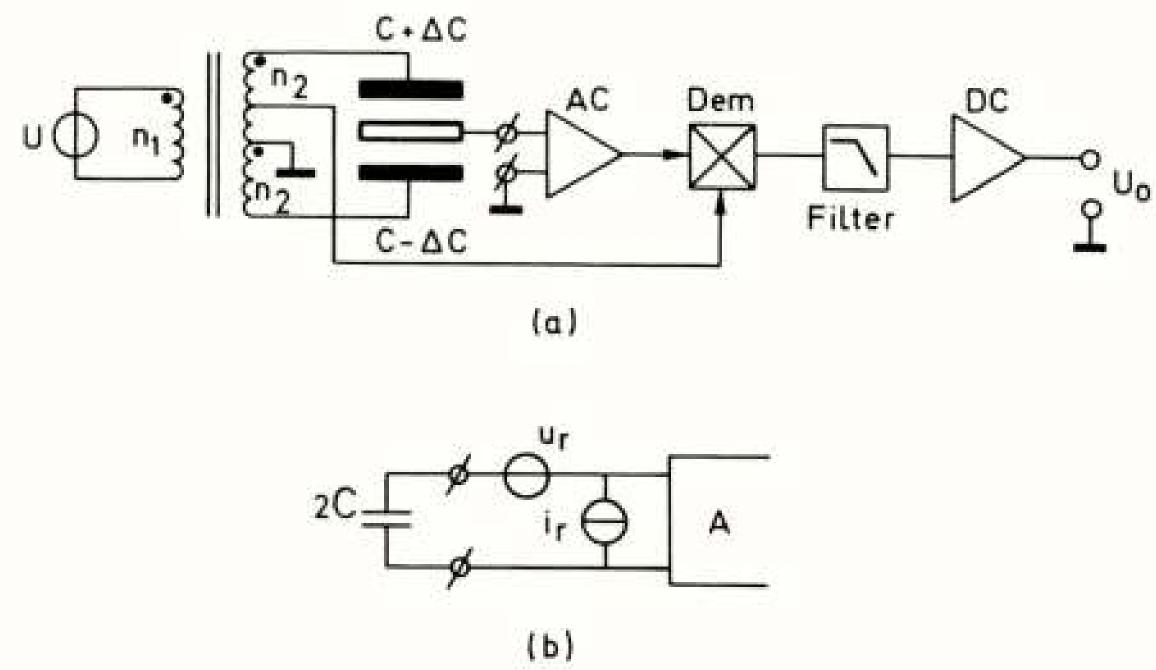


Fig. 8. Synchrone detectie van het uitgangssignaal (a) en het bijbehorende equivalente ingangsruisschema (b).

De verplaatsingsgevoeligheid van het systeem is $U_o/x = Un_2G/n_1d$. De equivalente verplaatsingsruis is dus

$$x_{eff} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \frac{d}{U} \frac{n_1}{n_2} \sqrt{\Delta f}\sqrt{u_r^2 + \frac{i_r^2}{4\omega^2C^2}}\,.$$

Blijven we voldoende beneden de doorslagspanning van de condensator b.v. $U_{eff} = 10$ V, $n_2/n_1 = 10$, $d = 1$ mm, en nemen we een goede J-FET voorversterker b.v. $u_r = 10\ \mathrm{nV}/\sqrt{\mathrm{Hz}}$, $i_r = 10\ \mathrm{fA}/\sqrt{\mathrm{Hz}}$ bij een kleine opnemer $C = 10$ pF en een hoge excitatiefrequentie $\omega = 2\pi.100$ kHz, dan wordt [5]

$$x_{eff} \approx 0{,}1\ \mathrm{pm}/\sqrt{\mathrm{Hz}}.$$

Om een referentiekader te geven: de interatomaire afstand tussen twee atomen in ijzer is ongeveer 250 pm. Dat men toch verplaatsingen kan meten die veel kleiner zijn dan de interatomaire afstanden, ondanks de aanwezige thermische agitatie van de metaalatomen, komt doordat er een spatiële middeling optreedt over alle atomen aan het gehele elektrodeoppervlak. Dit aantal atomen is zeer groot, derhalve is de gemiddelde equivalente verplaatsingsruis zeer klein. Als we een elektrode beschouwen als twee gedempt elastisch gekoppelde massa's, kan worden berekend dat de equivalente verplaatsingsruis over de gehele frequentieband ($o - \infty$) bedraagt:

$$x_{eff} = \frac{1}{\omega_o}\sqrt{\frac{kT}{m}}\,.$$

Hierin is ω_o de dikte resonantiefrequentie van een elektrode, m de massa, k de konstante van Boltzmann en T de absolute temperatuur.

Stalen elektroden (dikte 1 mm, straal 6 cm, dichtheid $7{,}8.10^3 kg/m^3$, geluidsvoortplantingssnelheid 6 km/s) geven $f_o = 3$ MHz, m = 0,88 kg. Bij kamertemperatuur is de ruis dan $x_{eff} = 3{,}6.10^{-17}$ m. Deze ruis is zo klein, dat duidelijk zal zijn dat hij niet de grensgevoeligheid van een capacitieve transducent bepaalt; andere oorzaken geven veel grotere verstoringen. Zo geeft een luchtdrukverandering van 1 cm Hg ($1{,}3.10^3 N/m^2$) bij stalen elektroden (dikte 1 mm, elasticiteitsmodulus $2{,}1.10^{11} N/m^2$) reeds een dikteverandering van 6,2 pm per elektrode. Een temperatuurverandering geeft nog veel grotere variaties. Bij een uitzettingscoëfficiënt van $1{,}1.10^{-5}$/K en 1 mm elektrodedikte geeft een graad temperatuurvariatie een diktevariatie van 11 nm. Deze veranderingen zijn veel groter dan de theoretische ruisdrempel haalbaar met synchrone detectie, zodat we mogen concluderen, dat de grensgevoeligheid van een goed ontworpen capacitieve transducent niet bepaald wordt door de elektronica maar door mechanische, chemische en klimatologische oorzaken zoals elasticiteit, stictie, corrosie, vochtigheid, temperatuur en druk.

Ten slotte twee voorbeelden van toepassingen van capacitieve transducenten waarin de bovenbeschreven principes worden gebruikt.

Het eerste voorbeeld betreft de activiteitsmeting van kleine proefdieren (laboratoriumratten) die onder invloed zijn van drugs. De meting moet in het donker geschieden (nachtdier) en bovendien zodanig dat het dier niet merkt dat er gemeten wordt (beïnvloeding). Het proefdier bevindt zich in een ruime glazen bak waaronder en waarboven een elektrode van de meetcondensator is aangebracht op circa 20 cm van elkaar (voorzien van schermelektrodes etc.). De capaciteit die gemeten wordt, is maatgevend voor het slapen, lopen of zitten van het dier, doordat de houding van het dier de effectieve permittiviteit van het medium tussen de condensatorplaten verandert. In fig. 9 is getoond, dat de ademhaling van een genarcotiseerde rat nog een signaal geeft met een uitstekende signaal-ruis verhouding. De equivalente ingangsruis is dan ook kleiner dan 10 aF(10^{-17} F). De grootste variatie (circa 2 pF) treedt op bij het staan op de achterpoten.

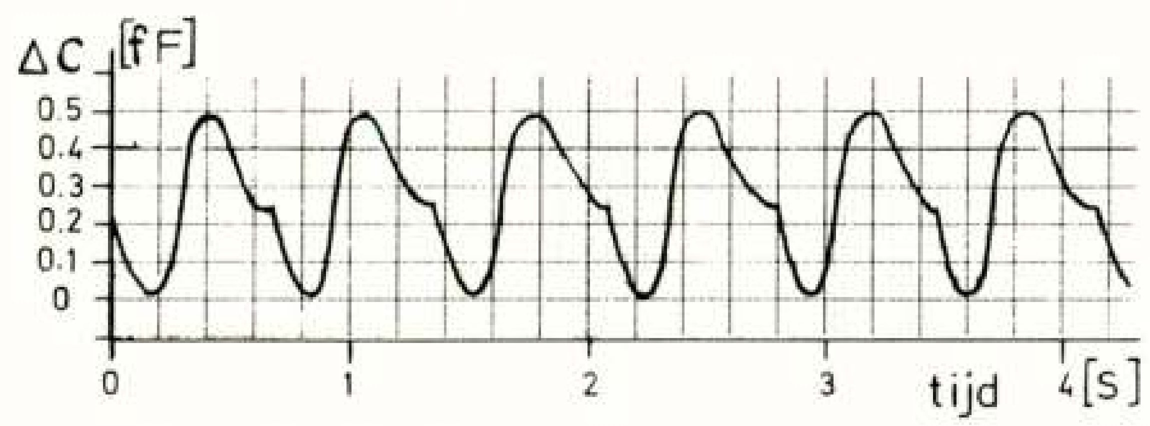


Fig. 9. Ademhalingspatroon van een genarcotiseerde laboratoriumrat gedetecteerd met een capacitieve transducent (0,1 fF = 10^{-4} pF komt overeen met 4 μm verplaatsing van de op 20 cm van elkaar geplaatste 25 bij 40 cm grote elektroden: $C_o = 5$ pF).

De vereiste dynamiek is derhalve groter dan 100 dB. Deze waarden worden gerealiseerd met een bandbreedte van 0,1 - 20 Hz, zulks in verband met de responsie van het systeem op lopen en staan. Een en ander is slechts mogelijk met een elektronische transducent onder toepassing van de bovenbeschreven principes voor randveldonderdrukking, storingsongevoelige versterking, etc.

Een tweede voorbeeld is het capacitief meten van de relatieve of absolute vochtigheid van lucht. Dit kan men onder andere doen door gebruik te maken van de dauwpuntmethode. In dat geval wordt de temperatuur bepaald waarbij het vocht uit de lucht kondenseert op een gekoeld deel van de transducent: de dauwsensor. Uit de dauwpuntstemperatuur en de omgevingstemperatuur kan men dan de luchtvochtigheid bepalen. Daar de relatieve permittiviteit van water tamelijk hoog is ($\varepsilon_r = 80$), kan dauwvorming op het sensoroppervlak goed worden gedetecteerd door de capaciteitsverandering te meten tussen twee vingervormige structuren, gerealiseerd in de metallisatielaag van een IC (zie fig. 10). Deze dauwpuntsensor wordt beschreven in [7]. De afkoeling geschiedt met een Peltier-element en

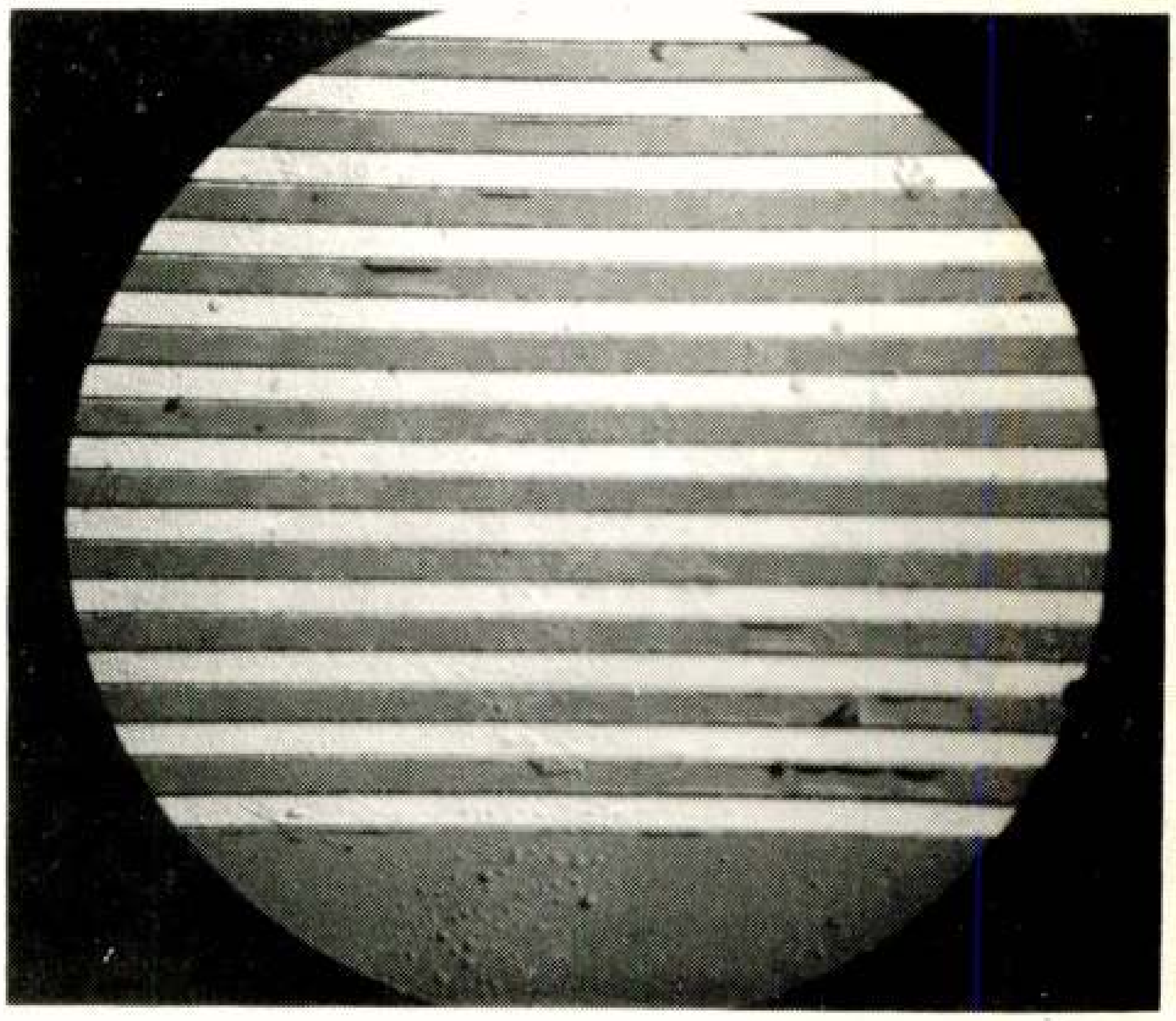


Fig. 10. De dauwvorming op een vingerpatroon uitgevoerd in de metallisatie van een IC.

de oppervlaktetemperatuur van het IC wordt met transistoren gemeten. In fig. 11 is de capaciteitsvariatie als funktie van de IC temperatuur uitgezet. De van nul verschillende hoeveelheid dauw op het IC veroorzaakt de aangegeven hysteresis. Om de onzekerheid is het dauwpunt zo klein mogelijk te houden wordt de dauwsensor met een terugkoppeling ingesteld op een konstante capaciteit even boven het knikpunt in fig. 11.

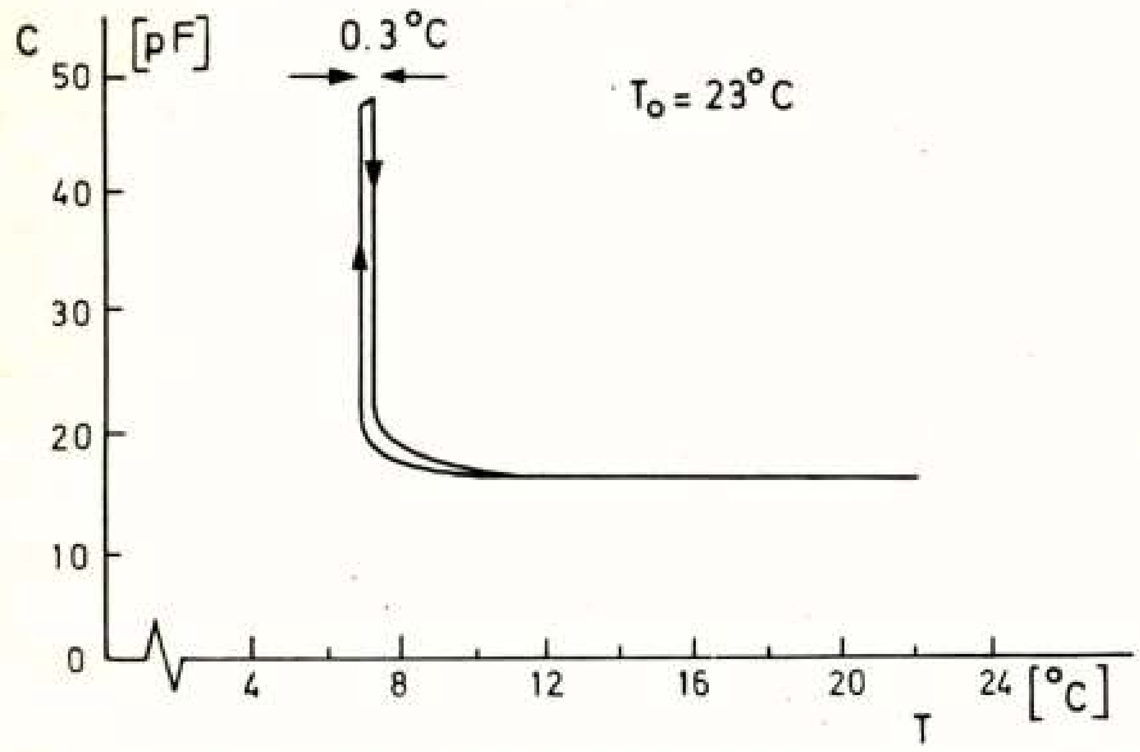


Fig. 11. Capaciteitsverandering bij dauwvorming op het patroon van fig. 10.

5.2. Elektro- en magnetodynamische transducenten.

De geïnduceerde spanning U in een spoel van n windingen van een elektro- of magnetodynamische transducent is

$$U = -\sum_{i=1}^{n} \frac{d\phi_i}{dt} .$$

Daar de spoel en de permanente magneet in zo'n transducent ten opzichte van elkaar kunnen bewegen, geldt voor de flux ϕ_i, de positie x en de tijd t: $\phi_i = \phi_i(x)$, $x = x(t)$. Derhalve kan de bovenstaande uitdrukking herschreven worden tot

$$U = -\sum_{i=1}^{n} \frac{d\phi_i}{dx}\frac{dx}{dt} = -v\sum_{i=1}^{n} \frac{d\phi_i}{dx} = -vG.$$

Daar v de snelheid van de spoel ten opzichte van de magneet is en G de gevoeligheid, kunnen deze transducenten dus voor *snelheidsmetingen* worden gebruikt b.v. bij trillingsanalyse van motoren e.d. Zoals in fig. 12(a) is aangegeven, kan de transducent met twee spoelen worden uitgerust die voor storende uitwendige magneetvelden in tegenfase geschakeld staan (*storingscompensatie*) maar die de inwendig geïnduceerde spanningen optellen. In fig. 13 is een elektrodynamische transducent afgebeeld zoals die gebruikt wordt voor seismische exploratie van bodemschatten (geofoon). We zullen als voorbeeld van wat haalbaar is met elektronische transducenten nader ingaan op deze geofoon.

Een geofoon wordt met zijn pen geplaatst in de oppervlakteverweringslaag van de aarde. Om ondanks de elasticiteit van deze laag toch een goede koppeling aan de bodem te realiseren moet de massa van een geofoon zo klein mogelijk zijn. Aangetoond kan worden, dat daarmee helaas de gevoeligheid evenredig kleiner wordt. Dit dilemma is te doorbreken door elektronica op te nemen in de geofoon om de gevoeligheid te vergroten. Tegelijkertijd mag aan de eenvoud van de bekabeling geen afbreuk worden gedaan, zodat de voeding en het uitgangssignaal in een tweedraadsschakeling over hetzelfde aderpaar moeten lopen. Een bijkomend voordeel is, dat men het impedantieniveau zo kan kiezen dat men weinig last heeft van

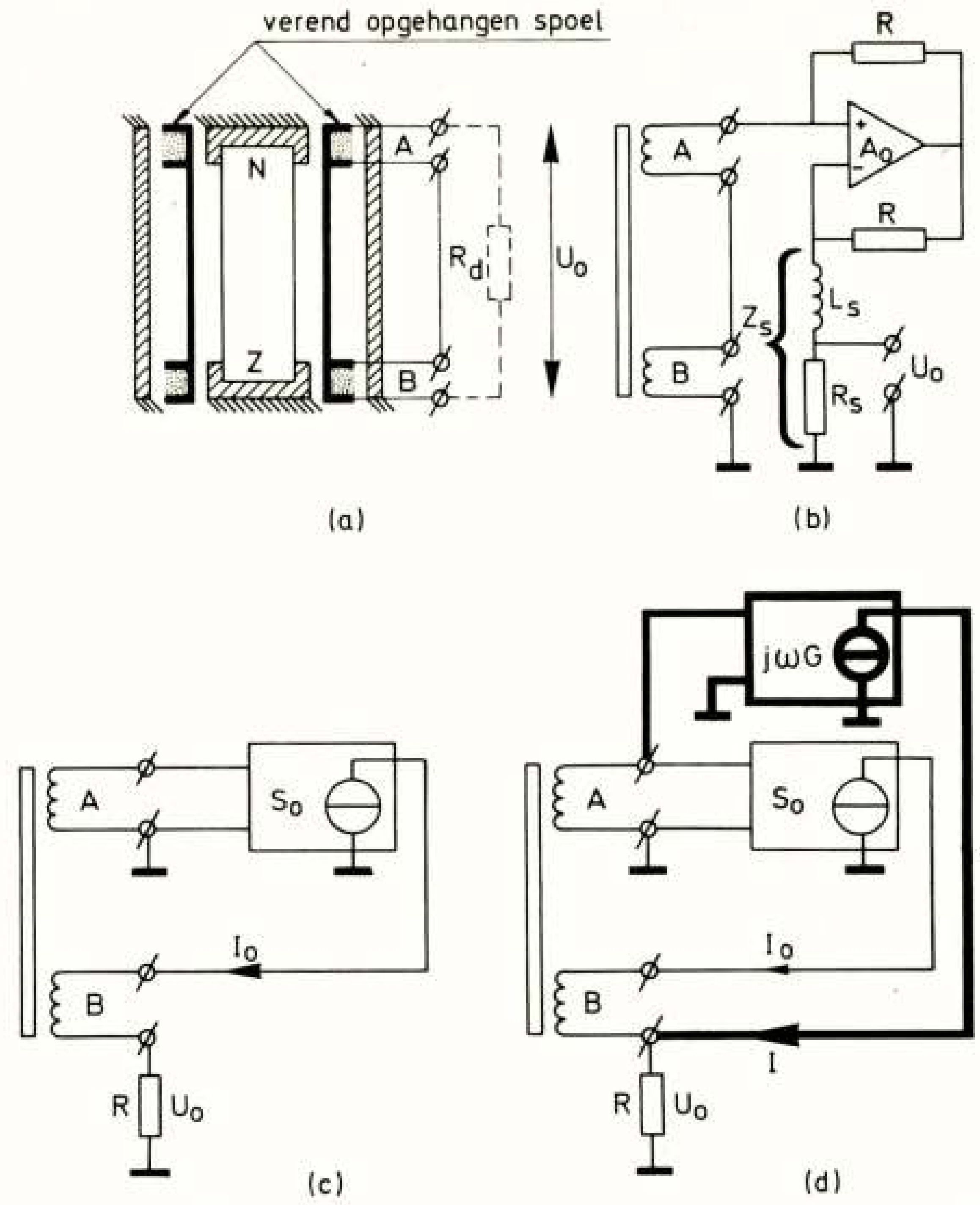


Fig. 12. (a) Elektrodynamische snelheidsopnemer met externe dempingsweerstand R_d. (b) Belasting met negatieve spoelimpedantie Z_s. (c) Terugkoppeling. (d) Terugkoppeling met toevoegen van het ontbrekende.

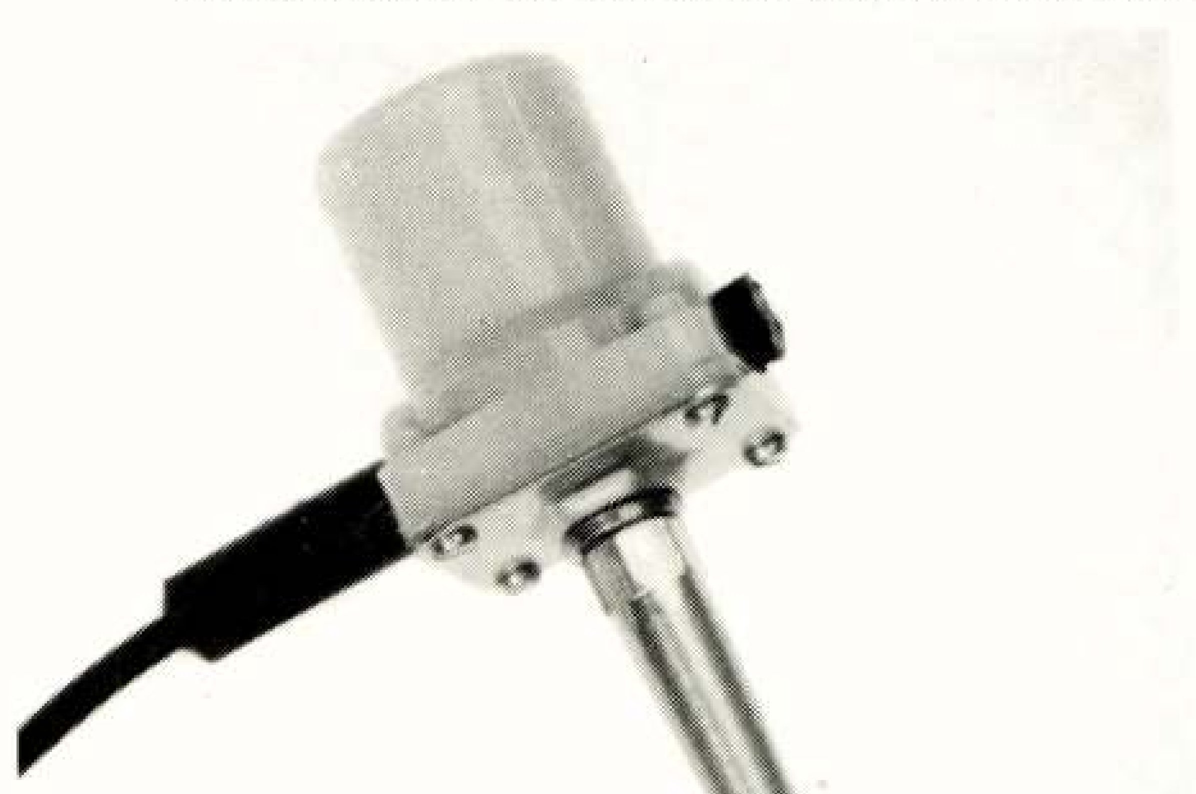


Fig. 13. Elektrodynamische geofoon voor seismische exploratie.

de inductief geïntroduceerde netbrom in de lange kabels (voedings*spanning* en uitgangs*stroom*signaal). Als er toch elektronica in de transducent wordt opgenomen kan deze ook meteen gebruikt worden om de responsie aan te passen. Het blijkt namelijk, dat de demping in de bodem sterk toeneemt voor hogere excitatiefrequenties. Bovendien blijkt men bij seismische exploratie last te hebben van relatief sterke, laagfrequente opppervlaktegolven. De remedie hiertegen is de snelheidstransducent te wijzigen

in een versnellingstransducent. Hiervoor kan niet zó maar een bestaande versnellingstransducent worden gekozen. De gevoeligheid moet namelijk zeer groot zijn (circa 1000 Vs^2/m) over het voor de exploratie interessante frequentiegebied (10 - 50 Hz), zodat de keus valt op het elektronisch aanpassen van de responsie van een geofoon (gevoeligheid 30 Vs/m). Dit kan met twee methoden, die beide in fig. 12 zijn aangegeven.

Bij de eerste methode wordt de transducent in feite kortgesloten en de stroom gemeten. Deze stroom zou een maat voor de versnelling zijn die het huis van de geofoon ondervindt, ware het niet dat de van nul verschillende elektrische impedantie $Z_s = R_s + j\omega L_s$ van de spoel roet in het eten gooit. In fig. 12(b) wordt daarom de transducent afgesloten met de negatieve impedantie $-Z_s$. De uitgangsspanning U_o over de weerstand R_s is dan evenredig met de versnelling van de geofoon. In dit verband kan worden opgemerkt, dat deze methode voor responsiewijziging door het afsluiten met een bepaalde negatieve impedantie algemeen toepasbaar is op alle *reciproke transducenten* [6], d.w.z. op alle transducenten die omkeerbaar, lineair en passief zijn. Het nadeel van deze methode van afsluiten met een negatieve impedantie is, dat de interne elektrische impedantie Z_s van de transducent exact moet worden geïmiteerd door de externe impedantie $-Z_s$. Als de *compensatie* niet volledig is, wijkt de responsie bij hoge en lage frequenties af van de +6 dB per octaaf versnellingskarakteristiek, zoals in fig. 14 is aangegeven.

De tweede methode die in fig. 12(c) is aangegeven, vereist geen compensatie maar maakt gebruik van *terugkoppeling*. Door de grote transconductantie S_o in de voorwaartse weg wordt de relatieve snelheid van de spoel vrijwel nul gemaakt. De uitgangsstroom door de stuurspoel B is dan evenredig met de versnelling van de geofoon. De responsie van dit systeem is ook in fig. 14 aangegeven. Uiteraard kan in plaats van de spanningsuitlezing van de opneemspoel A ook stroomuitlezing van deze spoel worden toegepast, al dan niet gecombineerd met de methode van fig. 12(b). Het voordeel van het gebruik van tegenkoppeling is dat hiermee zonder afregelingen e.d. toch een goede versnellingsresponsie te bereiken is over een grote bandbreedte. Een nadeel is dat een grote rondgaande versterking doorgaans stabiliteitsproblemen geeft. De rondgaande versterking kan klein gehouden worden door *toevoegen van het ontbrekende* toe te passen. Zoals in fig. 12(d) aangegeven, is het toevoegprincipe hier slechts toegepast op het elektronische gedeelte van de transducent en niet op de gehele geofoon wegens de daarmee gepaard gaande constructieve complicaties (er zou een tweede onafhankelijk geveerd systeem nodig zijn) die toch slechts een geringe prestatieverbetering zouden geven. De toegevoegde transconductantie, die in fig. 12(d) het snelheidsfoutsignaal op spoel A omzet in een stroom die buiten de stuurspoel B om door de uitgang loopt, moet

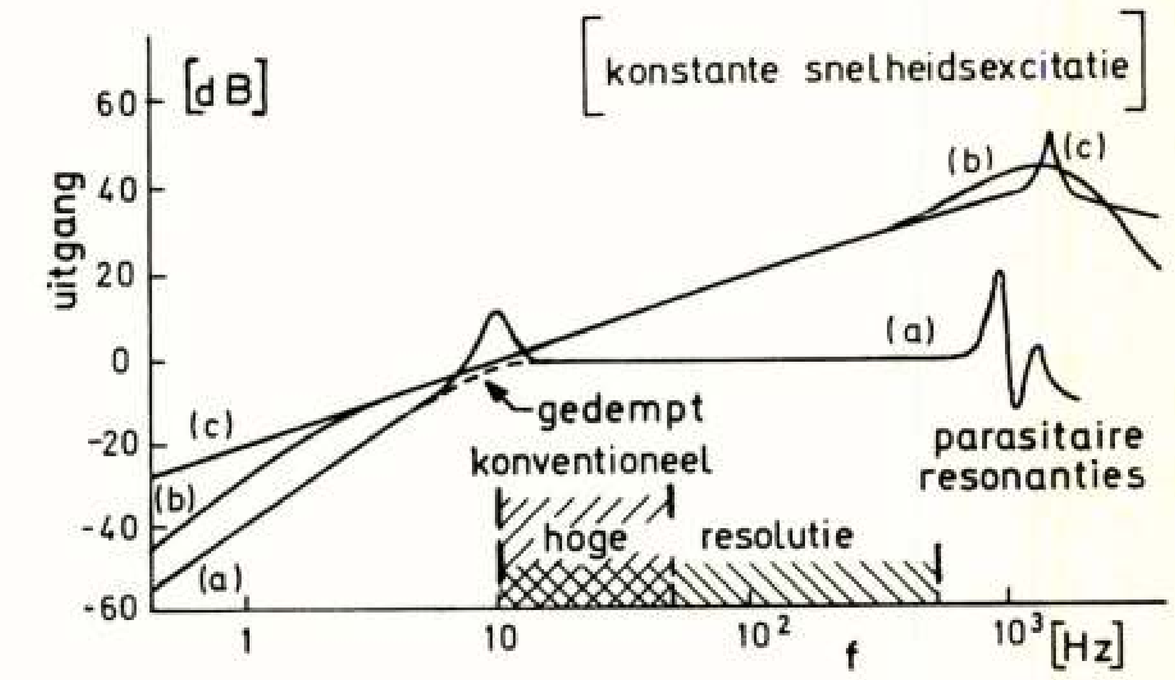


Fig. 14. (a) Frequentieresponsie van een geofoon bij konstante snelheidsexcitaite. (b) Idem van geofoon afgesloten met de negatieve spoelimpedantie. (c) Idem van teruggekoppelde geofoon. Verder is het konventionele seismische spectrum aangegeven (10 - 50 Hz) en het spectrum voor exploratie met een hoge resolutie (10 - 500 Hz).

gelijk zijn aan $j\omega G$ als G de gewenste versnellingsgevoeligheid is. Opgemerkt zij, dat de differentiatie $j\omega$ kan vervallen, indien in plaats van spanningsuitlezing stroomuitlezing van de opneemspoel wordt toegepast. Een van de voordelen van het toevoegen is, dat bij vaststuring van S_o of bij uitvallen van S_o de hulpoverdracht $j\omega G$ de uitgang overneemt tot ook deze hulpoverdracht wordt vastgestuurd. Met dit toevoegen is dus niet alleen een grotere nauwkeurigheid te bereiken door het toevoegen van de fout maar ook een grotere dynamiek door het toevoegen van de ontbrekende signaaldelen en een grotere bedrijfszekerheid; immers, één van de twee overdrachten mag uitvallen. Door het toevoegprincipe de gehele transducent te laten omvatten is het mogelijk uit een aantal transducenten met verschillende, elkaar ten dele overlappende, meetbereiken één transducent met een sterk vergroot meetbereik te maken (*estafette configuratie*) of bij gelijke meetbereiken een *redundante transducent* te maken.

Het behoeft geen nader betoog dat de principes compensatie, terugkoppeling en toevoegen van het ontbrekende, die in het bovenstaande aan de hand van een elektronische geofoon zijn toegelicht, algemeen toepasbaar zijn in allerlei elektronische meettransducenten.

5.3. Piëzojunctie transducenten

Naast de gebruikelijke mechano-elektrische transducenten voor krachtmeting, die b.v. kunnen bestaan uit veerconstructies met rekstrookjes, is het mogelijk direkt gebruik te maken van een fysische effecten in integreerbare halfgeleiderkomponenten. Een van de bruikbare effecten daarvoor is het piëzojunctie effect. Wanneer men een samendrukkende kracht op de basis-emitter-junctie van een bipolaire transistor uitoefent, verkleint dit de stroomversterkingsfactor β en verhoogt dit de basis-emit-

ter-spanning U_{BE} van de transistor. Fig. 15, die overgenomen is uit [8], toont de toename van de basis-emitter-spanning die optreedt bij een cirkelvormige, planaire transistor met een emitter van 100 μm diameter, die op de emitter belast wordt met een kracht F, die wordt uitgeoefend via een bolvormige saffiernaald met een straal van 65 μm. De naald kan belast worden met circa 140 gram; daarboven treedt beschadiging van het emitteroppervlak op.

Een voordeel van het direkt variëren van een parameter van een integreerbare komponent, zoals b.v. een transistor, is dat ook de noodzakelijke signaalbewerking in dezelfde IC-schakeling kan plaatsvinden. De transducent kan kleiner gemaakt worden en heeft geen bewegende delen meer, waardoor ook de bandbreedte zeer groot kan zijn. Ten slotte kan een IC-transducent goedkoop zijn

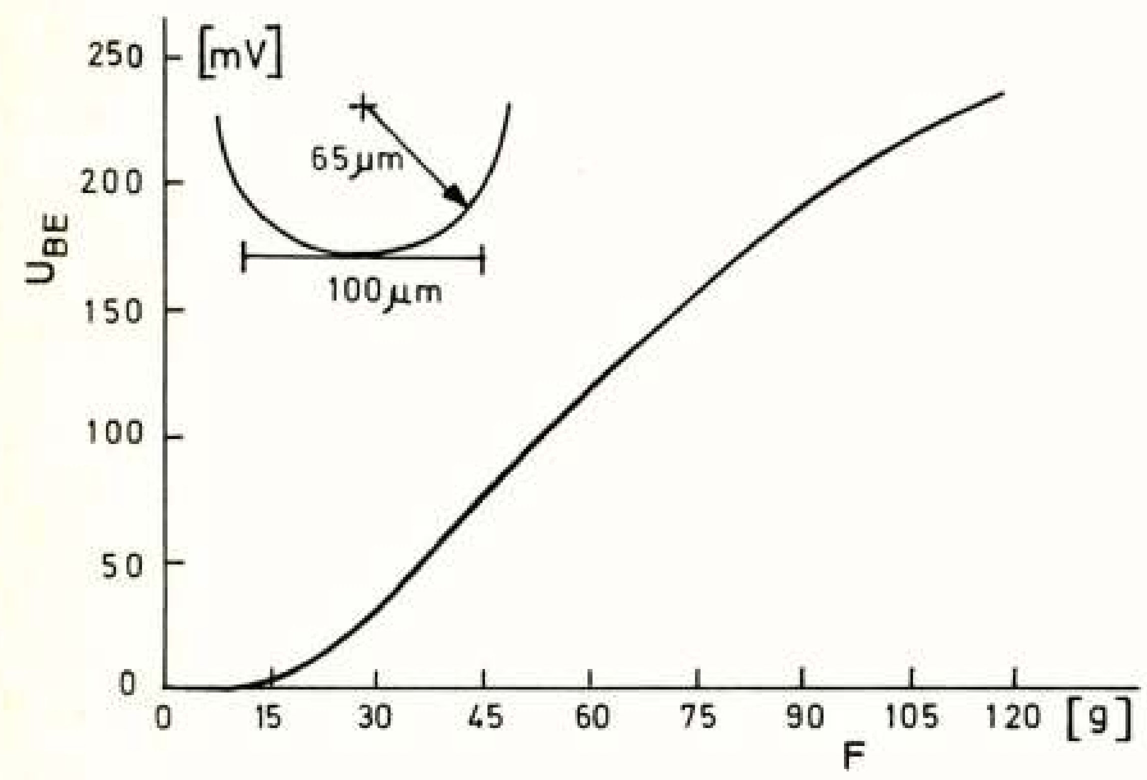


Fig. 15. De karakteristiek van een piëzojunctie sensor[8]

mits er zeer grote aantallen van geproduceerd kunnen worden. Er zitten evenwel ook nadelen aan het integreren van een transducent. De overbelastbaarheid is vaak klein. Vooral in sterk gestoorde milieus, zoals dat in de procesindustrie het geval is, zal de transducent behoed moeten worden voor temperatuurpieken, krachtstoten, etc. Dit zal voornamelijk door de behuizing moeten geschieden. Ook moet de behuizing de afscherming van de voor verontreinigingen sterk gevoelige halfgeleiderelektronica veiligstellen en moet zij aan de andere kant toch de te meten grootheid onbeïnvloed doorlaten. Dit stelt hoge eisen aan de behuizing. De prijs van gangbare signaalbewerkende geïntegreerde circuits zoals operationele versterkers e.d. wordt voornamelijk door de behuizing en de aansluiting bepaald. Dit geldt a fortiori voor IC-transducenten, daar hier aan de behuizing veel meer en hogere eisen worden gesteld.

5.4. <u>Thermische transducenten</u>

Een voorbeeld van een fysische effect dat zich uitstekend leent tot het realiseren van een integreerbare elektronische meettransducent is de temperatuurafhankelijkheid van de bandafstand in silicium, waarmee door gebruik te maken van de basis-emitter-spanning van bipolaire transistoren de temperatuur te meten is.

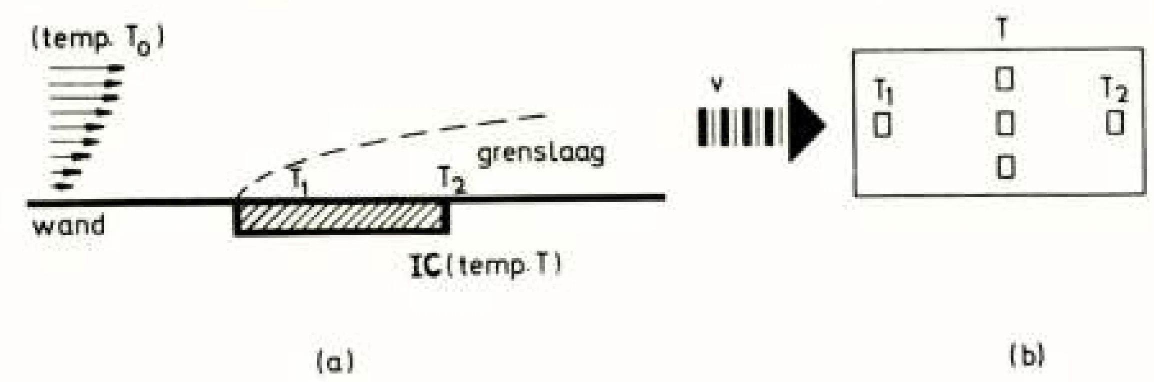


Fig. 16. Thermische stroomsnelheidsmeting [10].

Een ander voorbeeld [10] is gegeven in fig. 16. Een gedeelte van de wand waarlangs een fluïdum stroomt, wordt verwarmd. Door de warmteafgifte aan het fluïdum ontstaat er een grenslaag die maakt dat de warmteafgifte aan het begin van het verwarmde oppervlak groter is dan aan het eind. Als het oppervlak in het midden verwarmd wordt, zal er door de van nul verschillende thermische weerstand van het materiaal een temperatuurverschil $T_2 - T_1$ optreden tussen de uiteinden van het oppervlak. De totale warmteafgifte en het temperatuurverschil zijn beide afhankelijk van de stroomsnelheid v van het fluïdum en kunnen dan ook gebruikt worden voor stroomsnelheidsmetingen [9] [10] van vloeistoffen en gassen. Het verwarmde oppervlak bestaat uit een chip die verwarmd wordt tot een temperatuur T boven de omgevingstemperatuur T_o door middel van een aantal transistoren (zie fig. 16(b)). De temperatuurverhoging $\Delta T = T - T_o$ wordt door middel van een regeling konstant gehouden. Men kan nu het vermogen P meten dat aan de verwarmingstransistoren in het midden van de chip wordt toegevoerd. Hiervoor geldt bij benadering

$$P \simeq \Delta T R_w + \Delta T K \sqrt{v}$$

waarin R_w de warmteweerstand is van het IC naar de behuizing, K een konstante die afhangt van de warmtegeleiding, viscositeit, dichtheid en soortelijke warmte van het fluïdum en v de snelheid van het fluïdum.

Ook kan het temperatuurverschil $T_2 - T_1$ met behulp van geïntegreerde transistoren worden gemeten als maat voor de stroomsnelheid v. Daarvoor geldt

$$T_2 - T_1 \simeq K' \sqrt{v}.$$

In fig. 17 ten slotte is een hybride uitvoering getoond van een thermische stroomsnelheidssensor op een keramisch substraat. Door ook de lineariseringsschakeling op het substraat op te nemen is hiermee een stroomsnelheidstransducent te maken. De linearisering kan voor een deel van de karakteristiek geschieden door het stromingsprofiel vóór de sensor aan te passen. Om te voorkomen dat de bondingdraden en de kwetsbare transistoren door de stroming worden beschadigd, wordt de achterkant van het substraat aan de stroming blootgesteld.

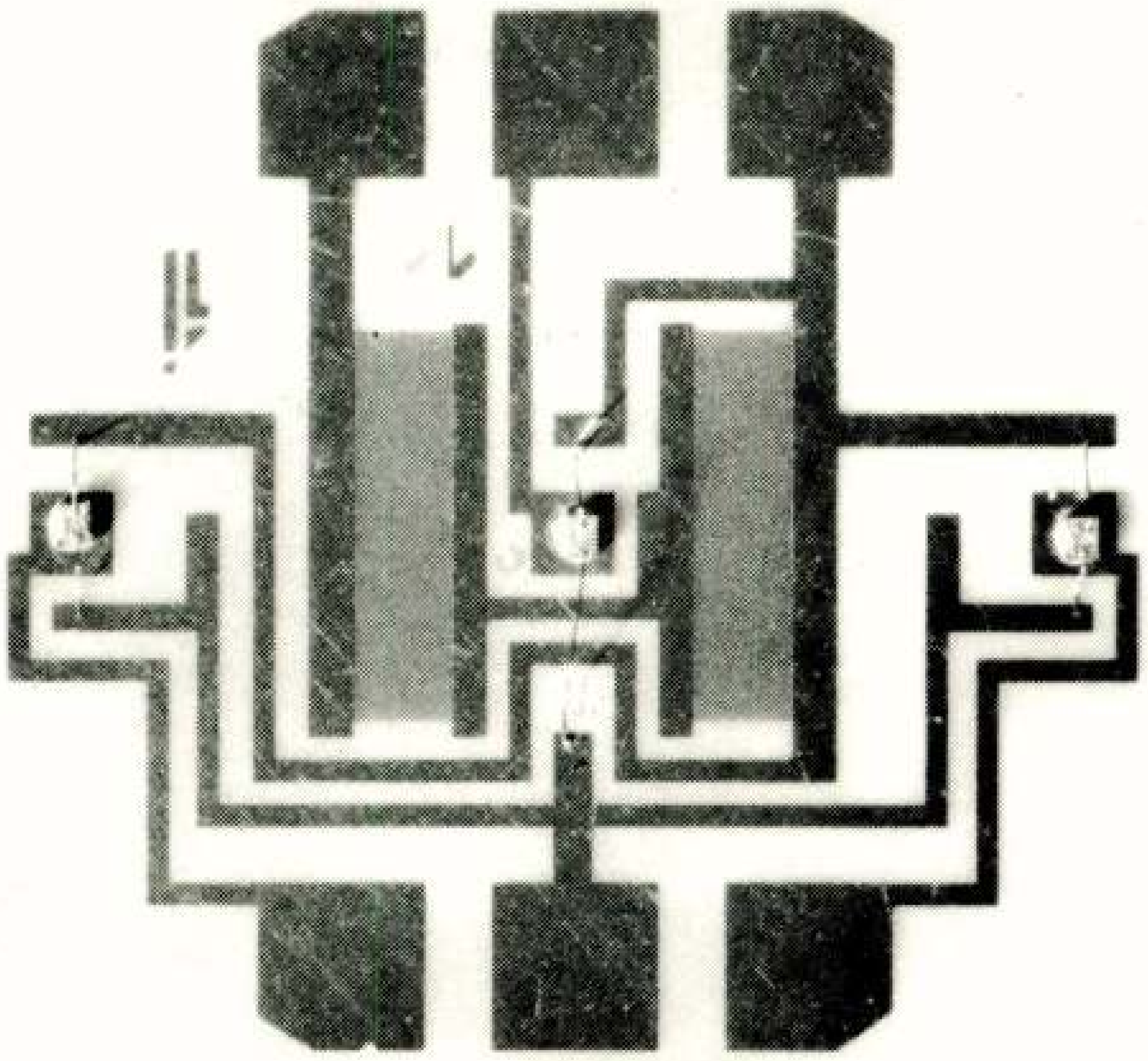


Fig. 17. Foto van hybride uitvoering van een thermische stroomsnelheidssensor.

Literatuur

[1] Klaassen, K.B., Elektrotechnische meettechniek, Het Spectrum, Utrecht, 1977, blz. 18 e.v.

[2] Klaassen, K.B., The reliability of analogue electronic systems, Proefschrift T.H. Delft 1978, blz. 1 e.v.

[3] Klaassen, K.B., Transductie van informatie, Tijdschrift Nederlands Elektronica- en Radio- genootschap 40, no. 5, 1975, blz. 145-149.

[4] Van Peppen. J.C.L., Coherent detection and its use in lock-in amplifiers, *in Modern Electronic Measuring Systems,* P.P.L. Regtien ed., Delft University Press 1978, Ch.VI.

[5] Zie ref. [2], stelling 9.

[6] Klaassen, K.B., Piezo-electric accelerometers, *in Modern Electronic Measuring Systems,* P.P.L. Regtien ed., Delft University Press 1978, Ch.III pp. 56, 57.

[7] Regtien, P.P.L., A capacitive dewpoint sensor, Delft Progress Report 3, 1978, pp. 107-110.

[8] Veen, R.J., Piezojunction effect of a planar pnp transistor, Electronics Letters, 15, no. 12, 1979, pp. 333-334.

[9] Van Putten, A.F.P., Middelhoek, S., Integrated silicon anemometer, Electronics Letters, 10, 1974, pp. 425-426.

[10] Van Riet, R.W.M., Huijsing, J.H., Integrated direction-sensitive flowmeter, Electronics Letters, 12, no. 24, 1976, pp. 647-648.

Dit artikel werd ons ter publicatie door de schrijver aangeboden na onze "Call for copy" eind 1978 (deel 43 pag.122)

UIT HET NERG

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

R. van Aken, Schoonbronstraat 6, Schin op Geul
J.C. Bakker, v.d. Woestijneheem 9, Hillegom
Prof.dr.ir. H. Blok, Antoon Coolenlaan 7, Delft
Ir. W. Boterman, Rietgansstraat 77, Ermelo
Ir. J.Ph. Diefenbach, Prattenburg 11, Dordrecht
Ir. B. Doorenbos, A. van Solmsstraat 138A, 's-Gravenhage
Ir. H.G. ten Hoopen, Wikkehof 7, Nuenen
Ir. P.A.G.M. Huijsmans, Gedempte Gracht 573, 's-Gravenhage
Ir. P.J. van Kats, van den Boschstraat 8, Utrecht
Ir. A.V.P. van der Linden, Leuvensestraat 47, 's-Gravenhage
Ir. A.J. Maijers, Albrechtsveld 95, Gouda
Ir. N. Peters, Oude Delft 55, Delft
Ir. A. Schouten, Nachtegaallaan 80, Maassluis
Ir. H.C. van der Sluis, Lijsterbeslaan 16, Pijnacker
Ir. H.P.J.M. de Wert, van Galenstraat 37, Breugel

Nieuwe leden

Prof.dr.ir. J.C. Arnbak, Technische Hogeschool,EH 11.18 Postbus 513, Eindhoven
Ir. K. Breukers, Tarwelaan 69, Eindhoven
J.W. van Dael, Alexanderlaan 13, Hilversum
Dr.ir. J. van Dam, Javastraat 61, Den Helder
Ir. P.C. Demmer, Langswater 279, Amsterdam
Ir. J.A.W. Faatz, Oranjestraat 9, Nuenen
Ir. G.M.L.J. Gielen, Candidaschouw 23, Zoetermeer
Ir. C. Hansen, Urkhovenseweg 64, Eindhoven
Ir. G. Hoenink, Kruiszwin 1288, Den Helder
W. Hoving, Timorstraat 8A, Groningen
J.M. Kathmann, Brederode 26, Leidschendam
Ir. E. de Leeuw, Rodelaan 91, Voorburg
Ir. W.J.H.M. Lippmann, Bouvigne 49, Eindhoven
Ir. P.F. van der Meulen, Oude Molenweg 2, Heerlen
Ir. D.J.W. Noorlag, Roland Holstlaan 307, Delft
H. da Silva, Agrippinastraat 34, Voorburg
Ing. C.J.P. Timmers, Groene Woud 62, Breda
Ir. F.L.J. Verweijen, Walenburgerweg 88A, Rotterdam
Ir. E.A. Wolsheimer, Kon. Julianalaan 297, Voorburg
Ir. K.J. Wouda, De Vroente 8, Nuenen
Ir. V. Zieren, J.J. Slauerhofflaan 73, Delft

Nieuwe adressen van leden

W.R.M. Arnoldussen, Schooldijk 2, Baak
Ir. M.C.W. van Buul, Provincialeweg 52, Oosteind
Ing. S.H. van der Poel, Heereweg 167B, Lisse
Ir. H.J.A. de Ronde, 8 Villa Sandon, Silverstrand beach Rd, Hang Hau NT Hong Kong
Ir. C.J. Verkooijen, P.O. Box 7424, Riyadh, Saudi Arabia

Conferentie aankondigingen

Fifth international conference on digital satellite communications. Genua, Italie; 23-26 maart 1981
Adres: Manager of the Rome Branch of Administrative Office ICDSC 5, Telespazio S.p.a.
Corso d'Italia, 43
00198 Rome (Italy)
Teleph. +39 6 8497 313

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 45 - nr. 3 - 1980

druk: Het Zuiden Eindhoven